

SÉRIE A, N° 785

N° D'ORDRE

1572

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES

DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES NATURELLES

PAR

Marie GOLDSMITH

1^{re} THÈSE. — RÉACTIONS PHYSIOLOGIQUES ET PSYCHIQUES DES POISSONS

2^e THÈSE. — PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

Soutenues le 14 juin 1915 devant la Commission d'Examen

MM. Yves DELAGE, *Président.*

MOLLIARD, {
VÉLAIN, { *Examineurs.*

A PARIS

INSTITUT GÉNÉRAL PSYCHOLOGIQUE

14, RUE DE CONDÉ (VI^e)

—
1915



Digitized by the Internet Archive
in 2026

SÉRIE A, N° 785

N° D'ORDRE

1572

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES

DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES NATURELLES

PAR

Marie GOLDSMITH

1^{re} **THÈSE.** — RÉACTIONS PHYSIOLOGIQUES ET PSYCHIQUES DES POISSONS

2^e **THESE.** — PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

Soutenues le juin 1915 devant la Commission d'Examen



MM. Yves DELAGE, *Président.*

MOLLIARD, {
VÉLAIN, { *Examineurs.*

A PARIS

INSTITUT GÉNÉRAL PSYCHOLOGIQUE

14, RUE DE CONDÉ (VI^e)

—
1915

FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

MM.

Doyen..... P. APPELL, *Prof.* Mécanique analytique et Mécanique céleste.

Doyen honoraire..... G. DARBOUX. — Géométrie supérieure.

Professeurs honoraires. { Ch. WOLF.
J. RIBAN.

<i>Professeurs</i>	LIPPMANN.....	Physique.
	BOUTY.....	Physique.
	BOUSSINESQ.....	Physique mathém. et calcul des probabilités.
	PICARD.....	Analyse supérieure et algèbre supérieure.
	Y. DELAGE.....	Zoologie, anatomie, physiologie comparée.
	GASTON BONNIER.	Botanique.
	DASTRE.....	Physiologie.
	KOENIGS.....	Mécanique physique et expérimentale.
	VÉLAIN.....	Géographie physique.
	GOURSAT.....	Calcul différentiel et calcul intégral.
	HALLER.....	Chimie organique.
	JOANNIS.....	Chimie (Enseignement P. C. N.).
	JANET.....	Physique — —
	WALLERANT.....	Minéralogie.
	ANDOYER.....	Astronomie.
	PAINLEVÉ.....	Mécanique rationnelle.
	HAUG.....	Géologie.
	HOUSSAY.....	Zoologie.
	H. LE CHATELIER.	Chimie.
	G. BERTRAND...	Chimie biologique.
	M ^{me} P. CURIE..	Physique générale.
	CAULLERY.....	Zoologie (Evolution des êtres organisés).
	C. CHABRIÉ.....	Chimie appliquée.
	G. URBAIN.....	Chimie.
	Emile BOREL...	Théorie des fonctions.
	MARCHIS.....	Aviation.
	Jean PERRIN...	Chimie physique.
	G. PRUVOT.....	Zoologie, anatomie, physiologie comparée.
	MATRUCHOT....	Botanique.
	ABRAHAM.....	Physique.
	CARTAN.....	Calcul différentiel et calcul intégral.
	Cl. GUICHARD....	Mathématiques générales.
MOLLIARD.....	Physiologie végétale.	
N.....	Application de l'analyse à la géométrie.	
N.....	Histologie.	

<i>Professeurs-adjoints</i> ...	PUISEUX.....	Mécanique et astronomie.
	LEDUC.....	Physique.
	MICHEL.....	Minéralogie.
	HÉROUARD.....	Zoologie.
	LÉON BERTRAND.	Géologie.
	Rémy PERRIER..	Zoologie (Enseignement P. C. N.).
	COTTON.....	Physique.
	LESPIEAU.....	Chimie.
	GENTIL.....	Pétrographie.
	SAGNAC.....	Physique (Enseignement P. C. N.).
PÉREZ.....	Zoologie (Evolution des êtres organisés).	

Secrétaire..... D. TOMBECK.

A MA MÈRE

TABLE DES MATIÈRES

Préface	1
-------------------	---

PREMIÈRE PARTIE

LA MÉMOIRE ET LES PROCESSUS ASSOCIATIFS CHEZ LES POISSONS	3
AVANT-PROPOS	3
Bibliographie	5
RECHERCHES PERSONNELLES	10
Mémoire topographique	13
I. <i>Gobius minutus</i>	14
MÉMOIRE DE LA PLACE	14
MÉMOIRE DE LA DIRECTION	19
NATURE DES IMPRESSIONS SENSORIELLES SUR LES- QUELLES REPOSE LA MÉMOIRE TOPOGRAPHIQUE.	22
II. <i>Epinoches</i>	27
MÉMOIRE DE LA PLACE	28
MÉMOIRE DE LA DIRECTION	28
NATURE DES IMPRESSIONS SENSORIELLES UTILI- SÉES PAR LA MÉMOIRE TOPOGRAPHIQUE.	35
III. <i>Jeunes Plies</i>	42
IV. <i>Jeunes Syngnathes</i>	44
CONCLUSIONS	45
Mémoire des couleurs et des formes.	47
I. Discrimination et mémoire des couleurs.	47
I. <i>Gobius minutus</i>	48
Expériences avec les diverses nuances de la cou- leur verte	55
Expériences avec les diverses nuances de la cou- leur rouge	57
Expériences avec les diverses nuances de la cou- leur bleue	58
Expériences avec les diverses nuances de la cou- leur jaune	60
II. <i>Jeunes Plies</i>	61
III. <i>Epinoches</i>	64

II. Discrimination et mémoire de la forme.	65
1° Objets de même couleur et de forme différente.	66
I. <i>Gobius minutus</i>	66
II. <i>Epinoches</i>	70
2° Expériences comparatives sur le souvenir des couleurs et celui des formes	75
I. <i>Jeune Turbot</i>	77
II. <i>Gobius minutus</i>	79
III. <i>Epinoches</i>	80
3° Comparaison entre le souvenir de la forme et de la couleur et le souvenir topographique	83
CONCLUSION SUR LA MÉMOIRE DES POISSONS	86

DEUXIÈME PARTIE

LA SENSIBILITÉ AUX MILIEUX COLORÉS ET LA PERCEPTION DES COULEURS.	95
Bibliographie	95
RECHERCHES PERSONNELLES	97
<i>Epinoches</i>	98
<i>Jeunes Poissons</i>	101
Expériences sur les jeunes <i>Lepadogaster</i>	102
Expériences sur les jeunes <i>Gobius</i>	106
<i>Conditions pouvant influencer la sensibilité à l'égard de l'éclairement coloré.</i>	107
Accoutumance	108
Séjour dans l'obscurité	108
<i>Vérification des conclusions formulées</i>	109

TROISIÈME PARTIE

DÉVELOPPEMENT ONTOGÉNIQUE DES FACULTÉS PSYCHIQUES.	113
<i>Gobius minutus</i>	115
<i>Autres poissons</i>	121
CONCLUSIONS	122
Conclusion générale	125
Bibliographie générale.	192

LES RÉACTIONS PHYSIOLOGIQUES ET PSYCHIQUES DES POISSONS

Par M^{lle} Marie Goldsmith

PRÉFACE

Il y a peu de temps encore, la psychologie faisait partie du domaine de la philosophie, n'en était qu'une branche; elle appartenait au nombre de ces disciplines où la pensée tire toutes ses ressources d'elle-même, sans rien demander à l'étude du monde extérieur. La psychologie, spéculative comme la philosophie elle-même, appartenait, à ce titre, au domaine des lettres et non à celui des sciences de la nature. Cependant, la théorie de l'évolution et aussi le matérialisme philosophique du milieu du xix^e siècle lui indiquaient déjà une autre voie; la pensée d'Auguste Comte, qui, dans sa *Politique Positive*, prévoit la création d'une psychologie comparée, basée sur l'étude du système nerveux, avait même précédé ces doctrines, mais sans avoir trouvé d'écho à son époque. La psychologie, fermement attachée aux anciennes traditions de la pensée, n'a pris la nouvelle orientation que lentement, et jusqu'à l'heure actuelle encore elle n'est pas entièrement devenue une science basée sur l'observation et l'expérimentation. Deux voies la conduisent vers ce but: les recherches de psychologie physiologique, auxquelles les progrès rapides de la physiologie du système nerveux assurent toujours de nouvelles conquêtes, et la création d'une psychologie comparée, dans ses trois branches: psychologie anormale, des-

tinée à éclairer à l'aide des cas exceptionnels ce qui se passe dans les cas typiques ; psychologie infantile, étudiant l'évolution individuelle de la vie psychique et, enfin, psychologie animale, complément naturel de la conception transformiste du monde organique. Dans toutes ces ramifications, ce qui caractérise la psychologie comparée, c'est qu'elle est obligée d'adopter les méthodes des sciences naturelles : l'observation et l'expérimentation, l'introspection, seul outil employé jusqu'alors en psychologie, devenant impossible par la nature même du sujet.

De ces deux voies qui mènent la psychologie vers une évolution vraiment scientifique, celle de la psychologie comparée est la plus récente et la moins élaborée ; la psychologie animale, en particulier, est encore un domaine à peine défriché. Elle est encore au stade de l'accumulation des faits et des premières théories ; aucune généralisation un peu vaste n'y est arrivée jusqu'à présent à devenir une vérité scientifique. Aussi chaque travailleur dans ce domaine peut-il espérer lui apporter une contribution utile, dans la mesure de ses forces.

Tel a été le but du présent travail.

Avant de l'aborder, je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance à mon maître, M. le Professeur Yves Delage, qui a bien voulu me guider de ses conseils et me faciliter l'exécution de mon travail dans son laboratoire.

Mes expériences ayant été faites à la Station Biologique de Roscoff, j'adresse ici également mes remerciements à tout le personnel de cette Station où j'ai rencontré les conditions les plus favorables et l'aide la plus obligeante.

PREMIÈRE PARTIE

La Mémoire et les Processus associatifs chez les Poissons

AVANT-PROPOS

Depuis que la psychologie comparée a été créée, l'étude de la mémoire chez les animaux s'est placée au premier rang de la nouvelle science. Tout ce qui, dans la vie animale, n'est pas instinct, tout ce qui constitue l'adaptation individuelle et est la source de la vie consciente et de la raison, a ces racines dans les processus associatifs et la mémoire. Les fondateurs de la psychologie animale, LLOYD MORGAN, THORNDIKE, en ont fait le critérium de la vie psychique ; de même, J. LOEB y a cherché l'explication de tout ce que ne parvient pas à expliquer la théorie des tropismes.

Le point de départ évolutif de cette faculté reste entièrement à trouver. Les auteurs qui, comme H. PIÉRON, appellent « mémoire » toute « persistance du passé dans le présent », voient ses racines jusque dans le monde inorganique et, à un degré supérieur, dans les phénomènes physiologiques de fatigue, de sommation des excitations, etc. Ils ne répondent cependant pas à la question, mais la déplacent seulement ; au lieu de demander : « Où commence la mémoire ? » nous demandons : « Où commence la forme de mémoire qu'on peut appeler psychologique ? » Or, à cette question aucune réponse n'est fournie. D'autres, comme W. WAGNER, suivant en partie la conception d'EDINGER, se basent sur la structure du système nerveux : la

vie psychique apparaît, d'après WAGNER, avec la différenciation du système nerveux et les « facultés raisonnées », basées sur la mémoire et les processus associatifs, avec le cerveau des Vertébrés, en particulier avec l'écorce cérébrale.

Les Poissons offrent, au point de vue de l'évolution de la mémoire, un intérêt particulier. D'une part, c'est ici qu'on doit trouver les formes les plus simples de la mémoire que tous les auteurs s'accordent à reconnaître aux Vertébrés ; d'autre part, l'absence, chez les Poissons, d'une écorce cérébrale a été tenue pendant longtemps pour un obstacle à l'existence de cette faculté. L'étude de leur mémoire, régie, si elle existe, par d'autres régions du cerveau que chez les Vertébrés supérieurs, et sa comparaison, au point de vue de ses caractères et de son degré de développement, avec celle de ces derniers, ont, pour cette raison, une signification importante en psychologie comparée.

BIBLIOGRAPHIE

Depuis que la question de la mémoire des Poissons a été posée, les recherches ont traversé deux phases : la première, qu'on pourrait appeler anecdotique ; la seconde, où une expérimentation scientifiquement organisée s'introduit.

Dans la première, ouverte par le questionnaire adressé par EDINGER (1897), on recueille les observations faites par des personnes ayant l'occasion d'approcher les poissons (pêcheurs, employés d'aquariums, amateurs, etc.). Les résultats de l'enquête, publiés par EDINGER (1899), sont tous de cette catégorie ; leur valeur résulte de la concordance des observations et de leur grand nombre et non des méthodes employées pour les obtenir, méthodes ne ressemblant en rien aux expériences contrôlées. L'enquête citait des cas très variés : certains poissons (Requins, Anguilles) seraient capables de s'habituer à divers sons (d'une clochette, d'un accordéon, bruit produit par deux cailloux frappés l'un contre l'autre) dont la production s'accompagnait habituellement de l'apparition de la nourriture ; d'autres (Carpes) arriveraient à connaître la personne qui leur apporte la nourriture et à venir à son approche, ou, au contraire, apprendraient à craindre une personne dangereuse (un pêcheur faisant la pêche à la dynamite). Certaines réponses donnaient quelques vagues indications sur la durée du souvenir : ainsi, un amateur, jetant à des Cyprins des morceaux de papier, les avait vu attraper ces morceaux trois ou quatre fois, puis les rejeter, pour les reprendre encore une minute ou deux après. L'enquête a fourni au total près de 200 lettres, concernant tant la mémoire que les perceptions de tous les organes de sens dont on suppose l'existence chez les Poissons.

La grande question était de savoir quelle conclusion on pouvait tirer de ces observations relativement à l'existence de la mémoire. *A priori*, la constitution du cerveau semblait à EDINGER devoir entraîner une réponse négative : les ganglions de la

base du crâne suffisent, dit-il, pour permettre de *recevoir une impression visuelle*, mais la présence de l'écorce cérébrale est nécessaire pour que des associations s'établissent et, par conséquent, pour que le vu *soit reconnu*. Or, l'écorce cérébrale manque chez les Poissons. Cette idée, avec laquelle Edinger avait entrepris son enquête, s'est trouvée, à la suite de celle-ci, légèrement ébranlée et, en résumant ses résultats, cet auteur parle d'une façon beaucoup moins catégorique : les Poissons auraient bien « une sorte de mémoire », mais cette mémoire serait bien différente de celle des Mammifères ; elle serait caractérisée par un « lien étroit entre l'excitation et la réponse », sans qu'aucun fait vienne nous montrer l'existence d'une association, les excitants n'étant pas reconnus. Une telle définition soulève au sujet du processus mental ainsi décrit un doute : mérite-t-il bien le nom de mémoire ? D'ailleurs, lorsque Edinger cite les faits qui l'amènent à conclure que les Poissons sont doués ne serait-ce que d'une mémoire très rudimentaire et très particulière, on voit que ces faits impliquent tous l'existence de processus associatifs et que la définition générale citée plus haut ne s'y applique guère. Ces faits sont les suivants : on peut diminuer chez les Poissons la tendance innée à fuir, bien que cet apprivoisement soit peu stable ; les excitations optiques ou chimiques liées habituellement à la prise de la nourriture peuvent être remplacées par d'autres qui produisent le même effet (p. ex., l'aspect de la personne qui apporte la nourriture peut remplacer l'aspect ou l'odeur de la nourriture elle-même) ; une excitation d'un certain ordre peut être, par l'exercice, remplacée par une autre, différente (ainsi, on peut habituer un poisson qui reconnaît sa proie par l'odorat à la reconnaître par la vue). Ces faits restent complètement incompréhensibles si nous ne reconnaissons pas à ces animaux l'existence de processus associatifs.

Plus tard (1908), EDINGER a été amené à reconnaître plus explicitement aux Poissons la « faculté d'apprendre », due à la « formation de relations », mais ces relations restent pour lui quelque chose de différent des véritables associations dont l'existence exige celle de centres associatifs situés dans l'écorce cérébrale.

La valeur de l'argument anatomique a été mise en doute par MAC INTOSH (1898) qui a publié d'assez nombreuses observations, faites par différentes personnes et tendant à attribuer aux Poissons la faculté d'acquérir des habitudes, de reconnaître

des personnes, d'apprendre à éviter les objets dangereux, etc. A la fin de son exposé, l'auteur pose la question : qu'est-ce qui prouve que la mémoire dépend précisément de l'écorce cérébrale ?

L'opinion d'Edinger continuait cependant à dominer. Elle s'est retrouvée, plusieurs années après, chez un auteur qui s'est occupé de l'histologie fine du cerveau des Poissons, E.-H. CATOIS (1901). Cet auteur fait également de sérieuses réserves sur la mémoire des Poissons ; il leur reconnaît bien cette sorte de *mémoire élémentaire* ou *vibration prolongée* (termes introduits par RICHET) qui consiste en « faculté de retenir plus ou moins longtemps une excitation », faculté qui existe aussi bien dans les centres médullaires que dans les centres sous-corticaux, mais il leur refuse ce qu'il appelle la *mémoire complexe*, l'association des idées, les manifestations intellectuelles. Ce qui rendrait ces processus impossibles, c'est l'absence de véritables cellules pyramidales psychiques. La mémoire des Poissons serait « restreinte et réduite à des réactions simples, plus ou moins automatiques ».

La méthode d'observations en partie anecdotiques qui a fourni des matériaux à Edinger a fait place, au cours d'années suivantes, à une expérimentation organisée. Il faut pourtant citer ici une expérience qui a précédé de loin les travaux expérimentaux, auxquels elle se rattache bien plus qu'aux récits anecdotiques de son époque. C'est l'expérience fréquemment citée de MOEBIUS (1873) sur l'acquisition et la persistance des habitudes chez le Brochet. Un de ces poissons était placé dans un aquarium où une plaque de verre transparente le séparait d'un certain nombre de Goujons dont il aurait volontiers fait sa proie. Après une suite de tentatives infructueuses au cours desquelles le Brochet s'était heurté beaucoup de fois contre le barrage, il a fini par se désintéresser des Goujons, et cette nouvelle habitude a persisté chez lui pendant quelque temps, même après que le barrage eût été enlevé et les Goujons devenus en réalité accessibles.

La période des études expérimentales systématiques ne commence cependant que beaucoup plus tard. L'expérience de THORNDIKE (1899) sur la recherche de son chemin par le *Fundulus* a été la première en date de cette nouvelle série. Dans un aquarium, ce poisson se tient de préférence dans la partie ombragée ; Thorndike l'en chasse et l'oblige, pour revenir, de

surmonter divers obstacles : il place en travers du réceptif un écran avec une seule ouverture, ou bien un système d'écrans constituant une sorte de labyrinthe, et il constate que le poisson finit par apprendre à trouver son chemin sans se tromper. TRIPLETT (1901) a répété et vérifié l'expérience de Mœbius, mise en doute pour certains auteurs spécialement par BATESON, sur deux Perches qu'une plaque de verre séparait dans l'aquarium d'un certain nombre de Vérons. Après des essais inutiles dont le nombre diminuait graduellement, les Perches ont renoncé à la chasse aux Vérons; on pouvait désormais les mettre dans le même compartiment sans que la vie de ces derniers soit en péril, surtout tant qu'ils nageaient lentement. Un mouvement brusque avait souvent pour résultat, surtout quand les Perches étaient affamées, de réveiller leur instinct : elles se jetaient alors sur la proie, devenue accessible. Au cours des mêmes expériences, l'auteur a vu les Perches tourner la tête vers lui aux heures où il avait l'habitude de leur donner à manger; il en a conclu qu'elles possèdent une certaine faculté d'apprécier le temps. — ZOLOTNITZKY (1901) a voulu prouver l'existence, chez les Poissons, d'une association entre la perception de la nourriture et celle des couleurs. Il a nourri des Macropodes avec des larves rouges de Chironomes et les a vu se précipiter ensuite sur des morceaux de laine de la même couleur; de même, nourris avec du pain blanc, ils se précipitaient ensuite sur des morceaux de laine blanche. Il me semble cependant que cette expérience n'est pas bien démonstrative, car elle peut s'expliquer aussi bien par l'imperfection de la vue de ces poissons qui pouvaient avoir pris les morceaux de laine pour leur nourriture habituelle. Tout ce qu'on pourrait en conclure, c'est que les Poissons peuvent s'habituer à un certain genre de nourriture. — DANTAN (1904) a fait des expériences (peu systématiques, d'ailleurs) sur un grand nombre d'espèces de poissons (Turbot, Brèmes, Labres, Congres, *Blennius*, *Gobius*, etc.) et a constaté leur aptitude à reconnaître les personnes qui leur donnent à manger (mémoire visuelle) et aussi le clapotement dont s'accompagne la chute de la nourriture dans l'eau (mémoire auditive, ou bien mémoire portant sur des sensations provoquées par l'agitation de l'eau). — Je ne citerai à cette place que pour mémoire les études que j'ai publiées en 1904 et 1912 sur ces questions, me réservant d'y revenir dans la partie de ce travail consacrée aux recherches personnelles. — WASHBURN et BENTLEY (1906) ont de même conclu à l'existence des processus

associatifs et de la mémoire chez les Poissons : leur méthode consistait à leur offrir (leur sujet d'études était le *Demotilus atramaculatus*) de la nourriture à l'extrémité de pinces munies de bandelettes colorées ; lorsque l'habitude était établie, les poissons s'approchaient de la pince, même vide, et savaient la distinguer d'une autre, de couleur différente. — REIGHARD (1907), au cours d'expériences destinées à vérifier l'efficacité de la coloration protectrice de certains poissons des récifs coralliens, a été amené à étudier la discrimination des couleurs chez un poisson de proie qui vit dans le même milieu, le *Lucianus griseus*, et a fait des constatations très intéressantes, qui n'ont pas attiré jusqu'à présent l'attention qu'elles méritent. Il a d'abord établi que ce poisson possède l'aptitude de distinguer les couleurs suivantes : blanc, bleu, rouge et jaune ; sa méthode consistait à offrir au *Lucianus* comme proie des Athérines teintes en diverses couleurs, après l'avoir habitué à des Athérines d'une couleur unique, et à le laisser choisir. Il a pu ensuite, établir ainsi une association durable entre une certaine couleur et une sensation désagréable : les *Lucianus* ne supportent pas le goût de la méduse *Cassiopea xamachana* ; en mettant dans la bouche des Athérines mortes et teintes en rouge un tentacule de cette méduse, qui faisait saillie, il a pu, déshabituer de cette nourriture toute une colonie de 130 *Lucianus* ; lorsque, par la suite, on leur offrait des Athérines rouges, même sans tentacules, cette proie était toujours refusée. — H. PIÉRON (1908), à la suite d'expériences sur les Cyprinides, faites par diverses méthodes (en faisant perdre aux poissons l'habitude d'attaquer leur proie renfermée dans un tube de verre, ou en leur présentant une pince vide après leur avoir donné de la nourriture avec la même pince) est arrivé de même à conclure que les Poissons possèdent bien une mémoire basée sur l'association. Dans la discussion soulevée par les observations de M. PIÉRON, A. GIARD et A. DRZEWINA ont rapporté des cas analogues. — FRISCH (1912), au cours d'expériences sur l'adaptation du *Phoxinus phoxinus* aux fonds colorés, habituaient ces poissons à manger de la viande colorée au moyen du safran, puis leur montrait des polygones de papier coloré de la même façon et les voyait se précipiter sur ces morceaux de papier. — M. OXNER (1912) a étudié la mémoire des couleurs chez deux poissons, *Coris julis* et *Serranus scriba*, au moyen de cylindres en verre diversement colorés, dont certains contenaient de la

nourriture (cylindres « positifs »), d'autres étaient vides (cylindres « négatifs »). Les poissons s'habituèrent à la couleur « positive » et la choisissaient même vingt-cinq jours après avoir trouvé la nourriture dans le cylindre correspondant. Cette longue durée du souvenir correspond à une durée de son établissement, longue également (de 10 à 30 jours). Ce travail comporte quelques considérations sur le rôle de la forme et de la couleur, tirées de cette observation que le poisson, au début, s'habitue à pénétrer dans les cylindres comme tels, quelle que soit leur couleur : il s'établit d'abord une association avec la forme, ensuite une association avec la couleur, cette dernière définitive. — R. MINKIEWICZ (1912) a fait des expériences avec la même méthode et en partie en collaboration avec l'auteur précédent qui les reconnaît comme antérieures aux siennes, malgré leur publication plus tardive. En plus d'une « association chromatique » entre la sensation de la nourriture et la vue du cylindre d'une couleur déterminée, Minkiewicz a pu constater d'autres exemples de formation d'habitudes, tels que la familiarisation des poissons avec l'aquarium, l'expérimentateur et les outils servant aux expériences.

La littérature concernant la mémoire et les processus associatifs chez les Poissons se borne à ces mémoires, relativement peu nombreux. Les connaissances qu'elle nous fournit sont fragmentaires et incomplètes ; elle nous montre bien l'existence de ces phénomènes, mais ne pousse pas suffisamment loin l'analyse psychologique des éléments qui les constituent.

RECHERCHES PERSONNELLES

Mes recherches ont porté sur des Poissons osseux de plusieurs espèces : *Gobius minutus* L., *Pleuronectes platessa* L., *Rhombus maximus* L., *Gasterosteus aculeatus* L., *Syngnathus acus* L. Le *Gobius minutus* est surtout un sujet d'étude très commode, étant un poisson littoral à tous les âges et s'acclimatant facilement dans un aquarium, où il est possible de lui fournir un milieu se rapprochant beaucoup de son habitat naturel.

Avant d'aborder l'exposé de mes expériences, je crois utile de faire part d'un certain nombre d'observations et indiquer certaines précautions à prendre pour éviter des erreurs.

1° Il est nécessaire, autant que possible, de placer les pois-

sons dans un milieu ne différant pas beaucoup de leur milieu naturel ; il faut pour cela, avant tout, que les dimensions de l'aquarium ne soient pas trop disproportionnées avec la taille de l'animal et l'étendue habituelle de ses mouvements et déplacements. Pratiquement, il est préférable de prendre des poissons de petite taille ou, pour les espèces de grande taille, des jeunes. Dans mes expériences, portant exclusivement sur des sujets de petite taille, je me servais soit de bacs de 50 à 60 centimètres de long sur 30 à 40 centimètres de large et mesurant à peu près autant de profondeur, soit de cuvettes de 35 centimètres de diamètre.

2° Plusieurs jours doivent s'écouler entre l'installation des poissons au laboratoire et le commencement des expériences. Tant que les poissons ne sont pas acclimatés dans le nouveau milieu, ils ne réagissent à aucune excitation autrement que par des mouvements de fuite ou d'ensablement (pour ceux qui se cachent de cette manière, comme c'est le cas pour le *Gobius* et les *Plies*) et, en les effrayant ainsi avant qu'ils ne deviennent susceptibles d'expériences, on risque de les rendre refractaires pour la suite.

3° Il faut tenir compte de l'existence chez les Poissons des différences individuelles remarquables. Dans un même lot de *Gobius* par exemple, composé d'une dizaine d'individus, il n'y en a ordinairement que deux ou trois qui réagissent facilement aux excitations telles que l'introduction dans l'eau d'un objet nouveau et étranger. Les autres restent insensibles pendant des semaines, de sorte que, si l'on se bornait à prendre un trop petit nombre d'individus seulement, on pourrait se heurter à des individus refractaires, ou plutôt exigeant un trop long exercice pour s'apprivoiser, et en tirer des conclusions fausses. Les différents *Gobius* sont peureux à un degré très variable : il m'est arrivé d'en avoir un qui sautait hors de sa cuvette au moindre trouble ; un autre, dans les mêmes conditions, s'ensablait et restait des journées entières sans bouger, caché dans le fond de sable. De même, pendant l'époque de la reproduction, les différents *Gobius* mâles n'habitent pas leurs coquilles avec la même constance et ne se hâtent pas au même degré d'y rentrer lorsqu'ils en ont été chassés. — Les jeunes *Plies* montrent, de même, des différences individuelles marquées, surtout en ce qui concerne la peur et la rapidité de l'apprivoisement : de même que chez le *Gobius*, sur 10 ou 15 poissons on n'obtient

rapidement des résultats qu'avec 2 ou 3. Cependant, chez les deux espèces, une fois les premières difficultés vaincues et l'appriovoisement réalisé, le degré d'aptitudes psychiques ne diffère pas sensiblement chez les différents individus. Cette existence de différences individuelles chez les Poissons me paraît particulièrement intéressante parce qu'on les croit généralement propres aux animaux supérieurs seuls.

1° La façon des poissons de se comporter vis-à-vis les uns des autres est très différente chez les différentes espèces. Les jeunes Plies et les jeunes Syngnathes ne font aucune attention les uns aux autres et vivent en grand nombre dans un bassin comme si chacun y habitait seul. Les *Gobius* se battent entre eux pour la possession des coquilles et pour la nourriture, mais en dehors de ces moments ne s'occupent pas de leurs voisins. Chez les Epinoches, au contraire, les rapports entre individus sont très développés. Ces poissons nagent en troupe; souvent on en voit un (qui n'est pas toujours le plus grand ni les plus fort) jouer un rôle prédominant: c'est lui qui se décide le premier à venir vers un objet inconnu, à attraper une proie; les autres le suivent. L'imitation, ou du moins le mouvement en masse, où tous les poissons suivent l'un d'entre eux, est, chez les Epinoches, bien visible. Une Epinoche isolée (ou même deux ou trois dans un bassin) dépérit vite: il est nécessaire, pour qu'elles puissent prospérer, de les avoir en grand nombre (une vingtaine au moins).

3° Il est utile de ne pas expérimenter trop longtemps avec les mêmes individus. Au bout d'un temps variable selon les individus et les espèces, ils « se fatiguent », deviennent plus indifférents, moins vifs et, enfin, inaptes à réagir à quoi que ce soit. De même, il convient de ne pas se servir d'individus ayant séjourné trop longtemps au Laboratoire, mais d'en prendre assez fréquemment de nouveaux à la grève. Un long séjour dans les conditions artificielles émousse leur vivacité et leur sensibilité naturelles.

MÉMOIRE TOPOGRAPHIQUE

Lorsqu'on observe les animaux dans leurs conditions naturelles, il semble que la faculté de reconnaître leur chemin ou l'emplacement de certains objets, tels que le gîte ou le nid, est pour eux d'une importance primordiale. Cette forme du souvenir semble être la plus ancienne phylogénétiquement, si l'on en juge par ce fait que la plupart des exemples de mémoire constatés chez les Invertébrés se rapportent précisément à l'orientation. Un auteur qui dénie aux Invertébrés les processus associatifs, W. WAGNER, constate que, chez eux, la mémoire porte presque exclusivement sur la place des nids et de la nourriture, et le grand nombre de travaux concernant cette faculté parle en faveur de cette idée. Le retour au nid des Bourdons a été étudié un des premiers par PEREZ (1894), ensuite par PETERSEN (1906), BUTTEL-REEPEN (1907) et W. WAGNER (1907); le retour des fourmis à la fourmillière a été l'objet de nombreuses recherches : celles de BETHE (1898), MISS FIELDE (1901 et 1907), WASMANN (1901), H. PIERON (1904), TURNER (1906), CORNETZ (1910). E. YUNG (1898), BUTTEL-REEPEN (1900), BONNIER (1907-1910) et d'autres encore ont étudié le retour des abeilles à la ruche. Il y a eu aussi des observations sur le retour au nid des *Bembex* (MARCHAND, 1900; BOUVIER, 1901), des Osmies (FERTON, 1903), des *Sphex* (FERTON, 1908), et cette énumération est loin d'être complète pour les Insectes. — Nombreuses sont également les recherches sur les Crustacés : celles de YERKES (1902) sur le *Carcinus granulatus*, de YERKES et HUGGINS (1903) sur l'Écrevisse, de SPAULDING (1906), sur le Pagure, de A. DRZEWINA (1908) sur le Grapse. — Pour les Mollusques, les études de cet ordre sont moins nombreuses : le retour de la Patelle à l'ancienne place a été étudié par DAVIS et LLOYD MORGAN (1893), puis, plus récemment, par H. PIERON (1909); WILCOX a fait dans le même esprit des expériences sur la Fissurelle et la *Siphonaria* (1903).

Dans l'étude psychologique des Vertébrés, les recherches sur la mémoire topographique tiennent, d'ailleurs, également une place importante. C'est la question des pigeons-voyageurs et celle des migrations des oiseaux qui ont le plus occupé les chercheurs. Viennent ensuite les études sur la recherche du chemin dans un espace plus limité : celles de THORNDIKE (1898)

sur les poulets, les jeunes chiens et les jeunes chats, de YERKES (1901 et 1905) sur la tortue et la grenouille, de ROUSE (1906) sur les pigeons, de PORTER (1904-1906) sur un grand nombre d'espèces d'oiseaux, de SMALL, WATSON, YERKES, KINNAMAN sur des mammifères divers, etc. La méthode du labyrinthe, inaugurée par THORNDIKE et qui, depuis, a rendu tant de services à la psychologie comparée, utilise précisément cette aptitude à s'orienter dans l'espace.

Si la *mémoire topographique* est, en réalité, la plus primitive et, en même temps, la plus utile à l'animal, donc ayant le plus d'occasions de s'exercer, c'est elle, à mon avis, qu'on doit pouvoir constater le plus facilement. Mes expériences m'ont montré qu'il en est, en effet, ainsi.

I. — *Gobius minutus*

Il nous faut distinguer ici la reconnaissance et le souvenir de la place des objets et ceux d'une direction à suivre.

MÉMOIRE DE LA PLACE

Pour l'étudier, on peut utiliser chez le *Gobius*, en dehors de l'instinct qui porte à la recherche de la nourriture, l'attachement du poisson à sa demeure, le plus souvent une coquille renversée, qui sert d'abri pour la ponte et sous laquelle le *Gobius* mâle se tient presque constamment pendant la saison de la reproduction. Cette particularité m'a permis d'organiser les expériences suivantes.

Expérience 1. — On constate très facilement l'importance de l'emplacement pour le *Gobius* en le chassant de sa coquille et en transportant celle-ci en un autre point de l'aquarium; il se met aussitôt à la chercher et commence toujours par revenir au point où la coquille se trouvait auparavant.

Expérience 2. — Cette expérience montre d'une façon plus nette que le souvenir de la coquille se rattache étroitement à la place. Un *Gobius* mâle se trouve sous sa coquille; je le chasse de sa demeure et, pendant qu'il nage en dehors d'elle, je transporte la coquille en un autre point de la cuvette. Le poisson commence

par se diriger vers l'ancienne place de la coquille, se couche sur le sable à cet endroit, puis, sentant probablement l'abri lui manquer, s'éloigne pour quelques instants. Je remets alors la coquille à son ancienne place ; il y va et s'y enfonce aussitôt.

Cette expérience, et aussi la précédente, ont été répétées par moi avec des individus différents et un grand nombre de fois ; elles ont toujours donné le même résultat.

Pour voir comment le souvenir de l'emplacement et, en général, la notion de la position des objets dans l'espace guident le *Gobius* dans la connaissance de son entourage, j'ai usé de l'artifice suivant.

Expérience 3. — Un mâle de *Gobius* étant placé sous une coquille de moule, je retire cette coquille, je la remplis avec du mastic et je la reporte exactement à sa place, marquée par une empreinte sur le sable. Le *Gobius* s'y dirige aussitôt et cherche à y pénétrer par le point habituel qui correspond à la partie la plus large et la plus plate de la coquille. N'y pouvant pas parvenir, il creuse le sable avec acharnement, cherche à faire passer sa tête sous la coquille, puis, fatigué, se retire pour quelques instants. Il recommence bientôt ses tentatives, de plus en plus irrité : sa teinte devient plus foncée, ses nageoires se hérissent. Après un certain nombre d'essais infructueux, il renonce à pénétrer dans la coquille par le *point habituel* et se met à creuser le sable à côté, puis un peu plus loin, encore plus loin, etc., sans revenir une seule fois aux points où les tentatives se sont montrées infructueuses. *Le souvenir de l'insuccès est donc lié chez le poisson au souvenir de tel ou tel point très limité de la coquille.* Pendant ces tentatives, il se décourage progressivement, les intervalles entre les tentatives deviennent de plus en plus longs et le temps passé à creuser de plus en plus court. Au bout d'une heure et demie il y renonce et nage dans l'aquarium sans faire désormais attention à la coquille.

Vingt-quatre heures après, le poisson est toujours dans cette position, ne faisant aucune tentative nouvelle. Je retire la coquille, j'enlève le mastic et je la remets exactement à la même place ; le *Gobius* continue pendant plusieurs heures à ne pas y faire attention. Mais il suffit que je transporte la coquille en un autre endroit pour que le *Gobius* s'y précipite, s'enfonce et s'installe. Le souvenir de ses insuccès était donc

bien lié chez lui non pas à l'aspect de la coquille, qui est resté le même, mais à son emplacement.

La recherche de la nourriture permet de faire des expériences analogues, dont les conclusions concordent entièrement avec les précédentes. Comme appât, je me servais toujours des *Mysis*, nourriture habituelle de tous les poissons littoraux de Roscoff.

Expérience 4. — Une éprouvette bouchée contenant un assez grand nombre de ces petits crustacés est plongée dans la cuvette habitée par un *Gobius*. Celui-ci l'aperçoit aussitôt, se précipite vers elle, essaye de saisir la proie, mais se heurte contre le verre. Il se retire après un premier insuccès, puis revient, repétant à peu près le même manège qu'avec la coquille dans l'expérience du mastic et se relâchant de même de plus en plus de ses tentatives. Elles cessent enfin complètement. Mais il suffit de *déplacer* l'éprouvette pour que le poisson s'y précipite de nouveau.

Expérience 5. — Dans cette expérience je substitue à la coquille et à l'éprouvette une pince tenant une proie et j'introduis une complication en me servant de deux pinces de même aspect dont une occupe un point fixe de l'aquarium. Pour établir ce point fixe, je place en diagonale sur mon aquarium un tube de verre ; sur ce tube, je choisis un point *a* et je suspend à cet endroit, à l'aide d'une ficelle, une pince qui plonge jusqu'à une certaine profondeur. Cette pince tient une proie ; elle est maintenue fermée à l'aide d'une agrafe métallique ; une autre pince, en tout point semblable à la première et portant une agrafe identique, mais dépourvue de proie, est plongée à la même profondeur, fixée au tube de verre en un point différent.

Le poisson met un certain temps à s'habituer aux nouveaux objets que je fais ainsi apparaître, puis, après quelques hésitations, vient et saisit la proie. Je lui donne ainsi des *Mysis* plusieurs fois dans la même journée pour que l'habitude s'établisse bien ; lorsque je juge qu'il en est ainsi, je plonge dans l'aquarium deux pinces vides : l'une que je suspend au point *a*, l'autre en un point quelconque de l'aquarium. Le *Gobius* vient sans hésiter et à plusieurs reprises vers la pince placée en *a*, sans faire aucune attention à l'autre.

Pour voir la durée de ce souvenir de la place, je laisse le poisson pendant trois jours sans lui donner de nourriture avec la pince ¹. Au bout de ce temps, je plonge de nouveau dans l'eau les deux pinces vides, dont l'une suspendue exactement au point *a*; le *Gobius* vient à plusieurs reprises la heurter, sans regarder l'autre.

Le lendemain, le poisson ne vient qu'après des hésitations et même alors se borne à s'approcher de la pince et à la regarder, sans la toucher; la pince voisine n'attire toujours pas son attention. Cette diminution de la réaction le quatrième jour me semble due à ce que le poisson ne s'était exercé à prendre de la nourriture de cette façon que pendant un seul jour, ce qui peut être insuffisant pour que l'habitude soit bien fixée, car d'autres expériences, dont il sera question un peu plus loin, m'ont indiqué des durées de persistance du souvenir beaucoup plus considérables. Il est possible aussi que le *Gobius* garde le souvenir de son insuccès de la vieille et vérifie, avant de se précipiter, si la proie est bien présente.

Expérience 6. — C'est la répétition de l'expérience précédente, avec un intervalle de temps un peu plus long. Après avoir donné à mon poisson des proies à plusieurs reprises, à l'aide de la pince plongée à l'ancienne place (en *a*), je laisse passer cinq jours, et le sixième je plonge dans l'aquarium deux pinces vides, dont l'une au point *a*. Le *Gobius* ne réagit plus autant à l'aspect des pinces vides qu'il a l'habitude de le faire le premier jour: il vient les regarder, d'abord celle qui est à l'ancienne place, puis celle qui est à la nouvelle. La réaction, comme le souvenir, paraissent déjà bien atténués.

Il m'a paru intéressant de voir si et à quel point cette *mémoire topographique* se manifestait chez les jeunes individus de la même espèce. L'expérience suivante a été faite pour répondre à cette question.

Expérience 7. — Une vingtaine de jeunes *Gobius* de différents âges habitent une cuvette. Aux deux extrémités d'un diamètre de cette cuvette je place deux éprouvettes semblables,

1. Le *Gobius* a d'ailleurs la possibilité de se procurer de la nourriture dans le bac où il est: j'ai toujours eu soin d'y laisser un nombre suffisant de *Mysis* pour que les degrés différents de la faim ne viennent pas troubler les résultats obtenus.

bouchées, l'une contenant du plancton (nourriture favorite des jeunes poissons), l'autre vide. Je désignerai la première par a , la seconde par a' . Lorsque le rassemblement des jeunes *Gobius* autour de l'éprouvette a est suffisamment marqué, je la débouche; les petits animaux du plancton s'échappent et les poissons les saisissent. Au bout d'un quart d'heure à peu près j'enlève les deux éprouvettes. Le lendemain, plus exactement dix-sept heures après, je les remets aux mêmes points, mais vides toutes les deux. Un mouvement général des poissons se produit vers a , tandis qu'aucun ne vient vers a' . J'enlève encore une fois les deux éprouvettes, après avoir donné un peu de nourriture à l'ancienne place, pour entretenir le souvenir: je me propose maintenant de les replacer dans un délai plus long.

Vingt-quatre heures après, je replonge aux mêmes endroits les deux éprouvettes vides: je constate d'abord un mouvement vers les deux, puis le plus grand nombre vient se masser autour de a et au bout de quelques minutes il ne reste en a' aucun poisson. Ce rassemblement persiste, bien que je ne donne aucune nourriture, pendant une heure environ.

J'essaye alors de mettre entre la prise de la nourriture et la pose des éprouvettes vides des intervalles de plus en plus grands, d'abord de quarante-huit heures, ensuite de cinq jours, puis de dix, treize, enfin de dix-huit jours, sans donner aucune nourriture entre. Jusqu'à cette extrême limite je constate autour de l'éprouvette a des rassemblements très nets et durables (pendant 1 heure et plus). Après dix-huit jours, je suis obligée d'interrompre l'expérience, car les jeunes *Gobius* commencent à dépérir et à disparaître.

Au cours de cette expérience, j'ai pu constater une certaine différence entre les jeunes de différents âges: les plus âgés, longs de 2 cent. 1/2 à peu près, vont directement à l'éprouvette a , sans faire attention à a' ; les plus jeunes ont, au contraire, vers a' , avant de se grouper définitivement autour de a , un mouvement que je désigne, faute d'un mot plus approprié, comme « mouvement de curiosité » (constaté également chez les jeunes poissons par d'autres auteurs).

Ces expériences, faites tant sur le *Gobius* adulte que sur les jeunes, montrent l'existence chez eux d'une *mémoire de la place* très nette, prépondérante sur celle qui retiendrait l'aspect des objets; la durée de ce souvenir dépasse certainement dix-huit jours, délai constaté dans ma dernière expérience. Plusieurs fac-

teurs peuvent l'abréger : une implantation insuffisante du souvenir, l'expérience contraire, la « curiosité » vis-à-vis les objets nouveaux.

MÉMOIRE DE LA DIRECTION

L'étude de l'orientation comprend, en même temps que la constatation de cette faculté liée à l'existence de la mémoire topographique en général, la question des moyens qui servent à l'animal pour se reconnaître dans l'espace.

Il ne s'agit pas ici d'une orientation lointaine des poissons, de leurs migrations, mais uniquement de l'orientation qu'on peut observer dans les limites d'un aquarium et qui est, plus exactement, la recherche du chemin de retour vers un endroit connu.

Expérience 8. — La première expérience de cette série avait pour but d'établir l'existence même de la faculté d'orientation, de voir comment le chemin à suivre est appris et à quel point le souvenir en persiste. J'ai expérimenté sur un *Gobius* mâle, bien habitué à la coquille qui lui sert de nid et n'en sortant que très peu. Il s'agissait de lui faire retrouver le chemin de sa demeure. Dans la cuvette où demeure le poisson, j'établis un barrage à l'aide d'une lame de verre séparant la cuvette en deux moitiés et ne laissant entre elles qu'une communication assez étroite. Je fais sortir le poisson de sa coquille, doucement et sans l'effrayer, et je le pousse légèrement, de façon à le faire passer de l'autre côté de la lame de séparation. Il aperçoit bientôt sa coquille à travers le verre et cherche à l'atteindre. Voici l'histoire de ses différentes tentatives : 1° Le *Gobius* se heurte un grand nombre de fois (10 fois exactement) contre le verre, puis trouve par hasard le passage et rentre dans la coquille ; 2° Je le chasse de nouveau, de façon à ce qu'il se retrouve de l'autre côté de la cloison ; il recommence à chercher son chemin et le trouve après s'être heurté six fois seulement ; 3° Chassé de nouveau, il trouve le passage après trois ou quatre tentatives ; 4° Le nombre de tentatives diminue cette fois encore : le poisson trouve l'issue après un seul insuccès ; 5° Le *Gobius* trouve le passage sans hésiter ; il a appris le chemin.

Il a employé, pour faire cet apprentissage, exactement trois heures et demie. Cette durée n'est peut-être pas, d'ailleurs, la

durée exacte nécessaire à ce poisson pour apprendre son chemin dans ces conditions : il aurait fallu en déduire le temps qu'il lui faut probablement, malgré toutes mes précautions, pour se calmer après la peur que doit lui avoir causé son expulsion de la coquille et les nouvelles conditions qui lui sont imposées. De plus, pour un temps donné, le nombre de mouvements, et par conséquent de tentatives faites, n'est jamais rigoureusement exact : plus ce nombre est grand, plus l'apprentissage doit être considéré comme long, et inversement. Aussi je n'attribue qu'une importance relative à cette indication de durée.

L'habitude de certains mouvements, une fois acquise, persiste chez le poisson même après l'enlèvement du barrage. Tous les auteurs qui ont organisé des expériences analogues ont pu le remarquer. De mon côté, je l'ai nettement vu sur le *Gobius* : la lame de verre enlevée, il continue, lorsqu'il se trouve dans la moitié de la cuvette opposée à sa coquille, à revenir vers cette dernière uniquement par l'endroit de l'ancien passage. Cette habitude subsiste assez longtemps : je l'ai observée pendant quatorze voyages ayant duré au total une heure un quart. L'habitude allait s'affaiblissant graduellement à mesure qu'il arrivait au poisson de franchir accidentellement l'emplacement de l'ancienne séparation et que de nouvelles habitudes venaient interférer avec les anciennes.

Le lendemain, lorsque je recommence l'expérience, je constate que le poisson ne sait plus, lorsqu'il est chassé de sa coquille, retrouver son chemin tout de suite : il lui faut plusieurs tentatives nouvelles. Mais le souvenir n'est pas entièrement perdu : il reste un *souvenir latent*, car un quart d'heure suffit maintenant au poisson pour réapprendre ce qu'il a oublié. Mais ce souvenir latent est le seul qui subsiste. Même si l'on répète l'expérience chaque jour, pendant plusieurs jours de suite, il faut au *Gobius* à chaque fois recommencer son apprentissage, avec toutefois une petite diminution dans le temps nécessaire.

La même disposition des objets permet de faire une observation intéressante au point de vue de la *manière* dont le milieu environnant est étudié par le *Gobius*, et qui permet en même temps de voir le degré de précision de sa mémoire topographique.

Le *Gobius*, comme en général tous les poissons, à l'habitude, les premiers jours après son transport dans un nouvel aqua-

rium, de nager le long des parois de façon à faire continuellement le tour de sa demeure. Ces mouvements ne cessent que lorsque le poisson y devient complètement adapté. Ainsi avait fait le *Gobius* de l'expérience précédente au début de son séjour dans la cuvette. Mais au moment où mon expérience a commencé ces mouvements avaient cessé. Or, lorsque j'établis une séparation et que le *Gobius* s'est bien habitué à retrouver le chemin de sa coquille quand il en a été chassé, je le vois bientôt recom-

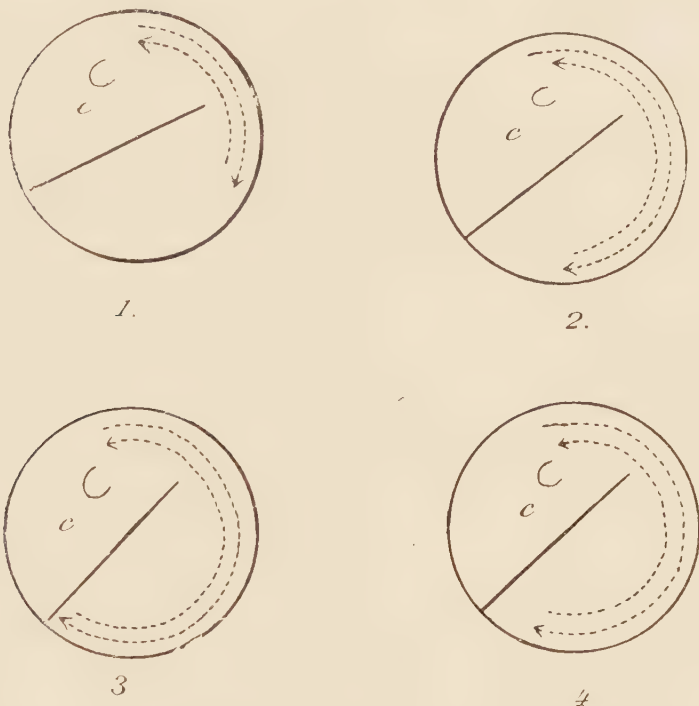


FIG. 1, 2, 3, 4. — Schémas de la cuvette et de la cloison incomplète.
c, coquille. Le pointillé indique la direction et l'étendue des mouvements.

mencer à sautiller le long des parois, comme il le faisait lorsqu'il étudiait sa demeure les premiers jours ; il est possible que, dans les conditions modifiées, son entourage lui apparaisse comme nouveau et exige une nouvelle reconnaissance. Quoi qu'il en soit, je le vois sortir de temps en temps de sa coquille, traverser le passage et nager le long des parois, en étendant graduellement le champ de ses investigations. D'abord, en sortant de sa coquille, il va vers le passage, le dépasse à peine et rebrousse chemin. A la fois suivante, il va un peu plus

loin, puis plus loin encore et ainsi de suite, en revenant à chaque fois à sa coquille et en recommençant tout le voyage. Les mouvements sont des sortes de petits sauts, pendant lesquels il semble heurter la paroi de son museau ou, dans tous les cas, l'en approcher. Enfin, en poursuivant ses voyages de plus en plus loin, le *Gobius* arrive à l'endroit où la cloison de séparation lui oppose un obstacle ; il se heurte contre elle, rebrousse chemin et revient à sa coquille. Un instant après, il en ressort, recommence son voyage, atteint de nouveau la cloison, se heurte encore et revient. Après deux ou trois voyages avec le même résultat, je vois le *Gobius* s'arrêter à quelque distance de la cloison et revenir sur son chemin (voir fig. 1-4). Il a donc appris à se souvenir du trajet fait : cela s'est manifesté d'une part lorsque, en quittant sa coquille, il étendait ses voyages à chaque fois de plus en plus loin, sans s'arrêter aux endroits déjà parcourus, d'autre part, lorsqu'il arrivait à s'arrêter à temps avant de se heurter contre la cloison de séparation.

Le *Gobius* possède donc une *faculté d'orientation* ; le procédé employé par lui est différent suivant qu'il s'agit d'atteindre un point précis (ici, la coquille) dont une cloison le sépare, ou qu'il étudie simplement son milieu. A la première méthode pourrait s'appliquer le nom d' « essais et erreurs » ; la seconde est celle d'investigation méthodique, s'étendant de plus en plus ¹.

Nature des impressions sensorielles sur lesquelles repose la mémoire topographique

La question se pose de la *nature* de la mémoire topographique qui se manifeste chez les Poissons : est-elle sensorielle ou musculaire et, si elle est sensorielle, quel est le sens qui joue le rôle prédominant dans l'orientation ?

Une variante de la disposition précédemment décrite (voir *Exp. 7*) permet d'obtenir des indications à ce sujet.

1. Il serait intéressant de comparer de plus près ce dernier procédé à celui observé par W. Wagner chez les Bourdons. Ces insectes ne peuvent apprendre le chemin de retour qu'en s'éloignant de leur demeure à reculons ; le chemin à l'aller ne leur donne pas des indications sur celui au retour. Chez les Poissons, au contraire, les deux notions sont, comme le montre l'exemple du *Gobius*, acquises en même temps, le chemin du retour étant déduit de celui de l'aller. Mais les deux procédés ont un point commun : le Poisson comme l'Insecte apprend son chemin par morceaux.

Expérience 9. — Si l'on substitue à la cloison de verre, transparente et dont l'existence n'est révélée au poisson que lorsqu'il se heurte contre elle, une cloison faite avec un grillage métallique tel que la coquille puisse être bien vue au travers (le grillage que j'employais avait des mailles d'un demi-centimètre de côté et satisfaisait très bien à cette condition), le temps d'apprentissage est abrégé au point que le *Gobius* trouve son chemin presque instantanément. La seule explication qu'on puisse en donner, c'est que, les fils métalliques étant visibles, le poisson *voit* le passage resté libre et s'y dirige sans difficultés.

Expérience 10. — La même conclusion se dégage de cette autre expérience, très simple et qu'on peut reproduire à volonté avec n'importe quel individu de *Gobius*. Si l'on chasse le poisson de sa coquille et qu'on recouvre ensuite la cuvette où il demeure d'une caisse non transparente qui le plonge dans l'obscurité, ou lui enlève toute faculté de trouver son chemin. Vingt-quatre heures après, en soulevant doucement le couvercle, je retrouvais dans ces conditions mon *Gobius* toujours en dehors de sa coquille. Mais aussitôt que la cuvette se trouvait éclairée, le poisson se précipitait vers sa demeure et s'y installait.

La vue semble ainsi jouer un rôle capital dans l'orientation du poisson, mais parmi les impressions visuelles quelles sont celles qu'il utilise ? Sont-ce certains repères qu'il rencontre sur son chemin, est-ce l'éclairage, la direction des rayons solaires ou quelque autre sensation d'ordre visuel encore ?

La question des points de repère est relativement facile à résoudre. Voici une expérience qui donne une indication à ce sujet et un commencement de réponse aux autres questions.

Expérience 11. — Une cuvette contenant un *Gobius* bien habitué à sa coquille et ne la quittant pas volontiers est placée devant la fenêtre. Je partage la cuvette en deux compartiments à l'aide d'une cloison de verre incomplète qui est placée perpendiculairement au plan de la fenêtre et laisse dans la partie tournée vers celle-ci un passage assez large. La coquille est à droite de ce barrage. A l'extrémité de ce dernier, pour bien marquer la place du passage, je place verticalement une petite lamelle plane, en verre également et teinte en couleur verte très éclatante.

Les objets ainsi disposés, je chasse le *Gobius* de la coquille

et je le fais passer de l'autre côté de la cloison. Il trouve le passage assez facilement et revient à sa demeure. Je tourne alors la cuvette de 90 degrés ; en même temps, je transporte la lamelle verte à l'autre extrémité de la cloison, c'est-à-dire là où aucun passage n'existe.

Lorsque, dans cette nouvelle position, je chasse le *Gobius* de

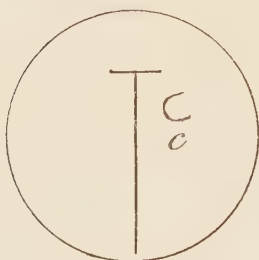


FIG. 5

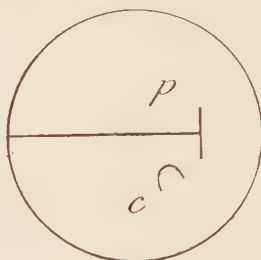


FIG. 6

Schéma de la cuvette, de la cloison incomplète et de la lamelle placée perpendiculairement au passage ; *c*, coquille, *p*, point correspondant dans le schéma 6, à la situation de la coquille dans le schéma 5.

sa coquille, il se trouve, une première fois, assez près du passage qu'il rencontre aussitôt, ce qui lui permet de revenir facilement à la demeure. Le déplacement de l'objet qui pouvait lui servir de repère ne semble nullement l'embarrasser. Je le chasse une seconde fois, en ayant soin de le pousser assez loin de l'autre côté de la cloison. Le poisson semble alors désorienté, va à droite et à gauche, arrive au passage, mais rebrousse chemin et, au lieu de faire des efforts pour chercher sa coquille, il tournoie autour du point (dans l'espace) où était la coquille auparavant (point *p*), point qui a changé par rapport aux objets dans la cuvette et à cette cuvette, mais non par rapport à des objets fixes, tels que la fenêtre. Je transporte alors la coquille dans ce point ; le poisson, la trouve immédiatement, commence à l'ensabler et s'y engage.

Cette expérience un peu compliquée suggère trois conclusions.

1° Un objet connu (sa coquille), déplacé dans l'espace, apparaît comme un objet nouveau que le poisson ne reconnaît pas (conclusion qui découle aussi des expériences sur la mémoire topographique, exposées plus haut et montre encore une fois la prépondérance de cette sorte de mémoire).

2° Les objets qui se trouvent dans l'entourage du poisson, tels

que la règle verte dans mon expérience, ne lui servent pas de points de repère pour reconnaître son chemin.

3° Ce qui caractérise pour lui l'emplacement des objets, c'est leur situation par rapport à l'espace.

Quel peut être le mode de détermination de cette situation ? Les points de repère étant écartés, il reste le rôle possible de l'éclairage par la fenêtre, resté invariable.

Pour voir ce qui, dans l'éclairage des objets environnants, peut servir de guide aux poissons, il faut d'abord éliminer une catégorie d'impressions visuelles qui semble jouer dans leur comportement dans l'aquarium un rôle assez important : ce sont les jeux de la lumière dans la paroi de verre. Tout le monde a eu l'occasion de voir les petits poissons (*Gobius*, *Epinoches* ou autres) tourner le long des parois de leur aquarium en se heurtant contre les parois et semblant pourchasser là une image : j'ai déjà dit que c'est ainsi qu'ils font connaissance avec une nouvelle demeure. Si l'on enveloppe la cuvette *extérieurement* d'une bande de papier opaque, les mouvements n'en continuent pas moins ; ils ne sont donc pas provoqués par des objets que les poissons pourraient voir à travers le verre et qui pourraient les attirer. Mais si l'on place la bande de papier de façon à tapisser *intérieurement* les parois de la cuvette et empêcher ainsi la réflexion de la lumière dans le verre, les mouvements circulaires cessent immédiatement. C'est la précaution que j'ai prise dans l'expérience suivante.

Expérience 12. -- Après avoir tapissé de papier blanc l'intérieur des parois de la cuvette qui contient le même *Gobius* qui m'a servi dans l'expérience précédente, je le chasse de sa coquille et je tourne ensuite la cuvette de 90 degrés. Le poisson nage dans différentes directions, semblant explorer à nouveau son entourage et ne faisant aucune attention à la coquille. Une heure se passe ainsi. Je tourne alors la cuvette en sens contraire, de façon à ce que la coquille occupe son ancienne place par rapport à la fenêtre ; le *Gobius* continue à nager sans la trouver. Cela dure ainsi pendant un quart d'heure, après quoi j'enlève le papier blanc. Un nouveau quart d'heure après le *Gobius* retrouve sa coquille et s'y installe.

Cette expérience m'indique que, dans les conditions identiques d'éclairage général, la suppression des jeux de la lumière dans le verre trouble le poisson dans son orientation. C'est un certain

aspect de ces jeux de la lumière qui doit lui indiquer la *place* de sa coquille, car le fait de la reporter, en retournant de nouveau la cuvette, à l'ancienne place par rapport à la fenêtre, ne le lui fait pas la retrouver aussitôt.

Expérience 13. — Dans cette expérience, faite sur le même poisson et en vue de la même question, les conditions sont simplifiées. Je chasse le *Gobius* de sa coquille et je mets *ensuite* du papier blanc contre l'intérieur des parois de la cuvette. Sans déplacer ni la cuvette ni la coquille, je constate que le poisson est troublé : il paraît chercher sa coquille dans différents points, passe deux fois devant elle sans la reconnaître. Plus d'une demi-heure se passe ainsi. Je vois enfin le *Gobius* s'approcher de la coquille, l'examiner longuement, comme si elle était pour lui un objet nouveau, puis s'y engager. La conclusion de cette expérience est donc la même que celle de la précédente.

Une différence d'éclairage portant non plus sur les jeux de la lumière, mais sur le degré d'éclairement et la distribution de la lumière, produit les mêmes effets, comme le montre l'expérience suivante.

Expérience 14. — Un *Gobius* habitant depuis assez longtemps une cuvette est bien habitué à sa coquille et à tous les objets environnants. A l'aide d'une sorte de paravent et d'une toiture en carton, je projette une ombre sur la moitié de la cuvette où se trouve la coquille. Je fais ensuite sortir le poisson de sa demeure. Il montre d'abord des signes d'agitation, puis se calme peu à peu et se met à nager dans la cuvette, en passant plusieurs fois devant la coquille sans s'y arrêter. Cela dure vingt minutes, après quoi je le vois stationner assez longuement devant la coquille, comme s'il hésitait à la reconnaître pour sienne, et enfin y pénétrer.

Pour comparer ses mouvements à son comportement dans les conditions normales, j'enlève le paravent et la toiture, je laisse le poisson se reposer pendant un quart d'heure environ, puis je le chasse de nouveau de sa demeure. Je le vois cette fois revenir vers sa coquille instantanément. C'est donc bien l'ombre projetée qui l'a, dans le premier cas, troublé dans ses recherches.

Ces expériences permettent, il me semble, de formuler certaines hypothèses quant aux impressions visuelles qui guident le *Gobius* dans sa recherche d'un objet connu (ou plutôt de la place où se trouve cet objet) aussi bien que du chemin à suivre.

1° *Les objets formant l'entourage de celui qui est le but de la recherche ne servent pas de points de repère.* Cette conclusion, que je tire de mon *Exp. 10*, m'a été suggérée, en outre, par certaines observations que j'ai faites pendant que, pour l'étude de la mémoire topographique, je déplaçais la coquille d'un *Gobius* après l'en avoir chassé au préalable. Il s'est trouvé une fois qu'à côté de la coquille, il y avait sur le fond de sable un caillou noir assez volumineux ; après avoir déplacé la coquille, j'ai également déplacé ce caillou et l'ai mis dans un endroit différent de la cuvette. Or, à aucun moment je n'ai vu le *Gobius* tourner autour de ce caillou, comme je l'ai vu tourner autour de l'ancienne place de la coquille.

La même conclusion découle du fait qu'en tournant la cuvette de 90 degrés on gêne le poisson dans ses recherches, bien que tous les points de repère qui pourraient exister pour lui dans son milieu (sable, pierres, etc.) se déplaçant en même temps que la coquille, restent dans les mêmes rapports à son égard et pourraient donc guider le poisson.

2° *Ce qui marque pour le Gobius l'emplacement de l'objet et le chemin à suivre, c'est un certain éclairage (Exp. 10, 11, 12, 13).*

3° *Dans cet éclairage, il faut distinguer : a) la distribution de la lumière et de l'ombre, et b) les jeux de la lumière dans les parois de la cuvette.*

4° *Un changement dans l'un de ces derniers facteurs suffit pour troubler le poisson dans ses recherches.*

II. — EPINOCHES

Il s'agit ici de la même espèce d'Epinoche (*Gasterosteus aculeatus* L.) que celle d'eau douce. A Roscoff, elle vit dans une petite rivière qui aboutit à la baie de l'Aber et constitue là un large ruisseau, bien visible à marée basse, dans lequel l'eau douce se trouve très mélangée d'eau de mer. Les Epinoches vivent aussi bien dans l'une comme dans l'autre ; j'ai pu les garder pendant des mois dans l'eau de mer, puis les transporter dans l'eau douce, sans qu'elles s'en montrent le moins du monde incom-

modées. Dans l'aquarium, ces poissons restent craintifs pendant plusieurs jours, mais une fois habitués, se prêtent, grâce à leur mobilité, très bien aux expériences. Celles que j'ai eues entre les mains étaient d'âge différents, variant de 2 à 3 centimètres de longueur, mais toutes assez près de l'âge adulte. Voici les expériences qui m'ont permis de constater chez ces poissons une mémoire de la place et une faculté d'orientation.

MÉMOIRE DE LA PLACE

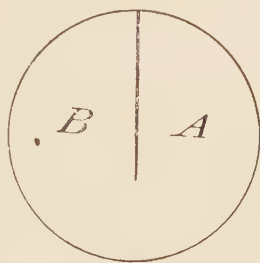
Expérience 1. — Je plonge dans la cuvette qui contient quelques Epinoches une pince avec un petit morceau de papier blanc au bout ; une Epinoche vient et essaye d'en arracher un morceau. Après avoir mordu une première fois, elle s'éloigne, puis revient, mord, s'éloigne de nouveau et recommence le même manège pendant une demi-heure environ, semblant jouer avec le morceau de papier qu'elle ne parvient pas à arracher. Profitant d'un moment où elle s'est éloignée, j'enlève doucement la pince avec le papier et je la plonge en un autre endroit de la cuvette. L'Epinoche qui, probablement, ne l'aperçoit pas, va la chercher à *l'ancienne place*. Cette expérience a été faite par moi un grand nombre de fois et peut être répétée à volonté avec les objets les plus différents.

MÉMOIRE DE LA DIRECTION

L'extrême mobilité des Epinoches les rend très aptes à des expériences d'orientation, beaucoup plus aptes encore que le *Gobius*. Comme pour ce dernier, les déplacements étudiés ici ont été ceux qu'on peut observer dans les limites d'une cuvette d'une trentaine de centimètres de diamètre.

Expérience 2. — Dans une cuvette où se trouvent quinze Epinoches j'établis un barrage incomplet à l'aide d'une lame de verre perpendiculaire au plan de la fenêtre devant laquelle est placée la cuvette. Dans un des deux compartiments (nommons le compartiment A) je place un petit tube fermé contenant des *Mysis*, proie qui attire vivement les Epinoches, en vue d'observer la façon dont elles apprendront à passer du compartiment voisin (appelons le B) en A (fig. 7).

Au commencement de l'expérience, toutes les Epinoches qui se trouvent dans le compartiment B éprouvent des difficultés pour passer en A ; elles se heurtent beaucoup de fois contre la cloison avant de trouver le chemin. Au bout d'une demi-heure, on les voit nettement se heurter moins souvent et passer plus facilement. En observant des individus isolés, on les voit d'abord se heurter sans cesse, puis plusieurs fois seulement, et ne mettre que quelques minutes à trouver le passage. Au point même du passage les poissons manifestent de la crainte, ce qu'on reconnaît bien à certains indices : ils s'abaissent vers le fond, s'arrêtent et leur corps présente des contorsions. Une demi-heure après encore, le plus grand nombre trouve facilement le passage, et, un peu moins de deux heures après le commencement de l'expérience, toutes les Epinoches paraissent entièrement habituées : elles ne se heurtent plus contre la cloison de séparation. Je laisse alors les choses en état jusqu'au lendemain, pour permettre à l'habitude de se fixer davantage grâce aux mouvements constants de va-et-vient des poissons à travers le passage.



F. G. 7. — Schéma de la cuvette divisée en deux compartiments par une cloison incomplète.

Le lendemain matin, je retrouve des Epinoches groupées presque toutes dans le compartiment A. Pour m'assurer si la connaissance du chemin à suivre est la même dans les deux sens, j'enlève l'éprouvette contenant les *Mysis* du compartiment A et je jette quelques *Mysis* dans le compartiment B. Un quart d'heure après, toutes les Epinoches sont passées dans ce dernier compartiment, la plupart sans aucune difficulté, quelques-unes après s'être heurtées plusieurs fois à la cloison. Le passage est donc également bien connu dans les deux sens¹.

Les résultats de cette expérience ont été approximativement les mêmes, au point de vue du temps nécessaire, toutes les fois qu'elle a été faite, sur des lots différents de ces poissons : une heure à peu près après le commencement de l'expérience, les hésitations et les erreurs diminuaient notablement et une heure et demie à deux heures au maximum suffisaient pour que l'habitude fût complètement établie.

1. Même conclusion que pour le *Gobius* (voir p. 22, note).

Le souvenir du chemin parcouru persiste pendant quelque temps après la disparition de l'obstacle : comme pour le *Gobius*, on voit les Epinoches continuer à circuler et à se pourchasser, la cloison enlevée, par l'endroit où était l'ancien passage ; au point où ce passage était le plus étroit et le plus difficile à trouver, on les voit même s'arrêter un instant. Cette habitude persiste un temps variable, d'un quart d'heure ou une demi-heure jusqu'à deux heures dans certains cas, délai qui peut être considéré comme très long pour des poissons excessivement mobiles, effectuant leurs voyages sans discontinuer. On peut pendant ce temps suivre l'affaiblissement graduel de l'habitude comme chez le (*Gobius*) à mesure que de nouvelles habitudes viennent, à la suite de voyages faits accidentellement dans d'autres directions, la troubler.

On pourrait croire que, dans cette expérience, l'apprentissage est facilité par l'habitude qu'ont les poissons (habitude dont nous avons déjà parlé) de nager, le premier temps de leur séjour dans un bassin, le long de ses parois. Mais il n'en est pas ainsi. D'abord, la plupart des expériences (et je les ai répétées un grand nombre de fois) ont été faites lorsque les Epinoches étaient déjà suffisamment acclimatées et nageaient habituellement dans toutes les directions. Ensuite, une vérification directe est possible, de la manière suivante.

Expérience 3. — La cloison se compose, dans cette expérience, de deux plaques de verre, laissant entre elles un passage au milieu de la cuvette (fig. 8). L'appren-

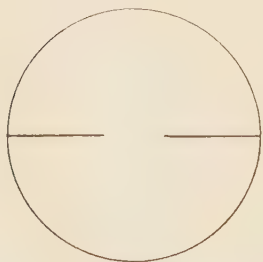


FIG. 8. — Schéma de la même cuvette mais avec de cloisons laissant un passages au milieu.

tissage n'en devient pas plus difficile ; j'ai même observé le résultat contraire : il a suffi cette fois à mes poissons d'une demi-heure pour qu'ils commencent à passer assez facilement. Peut-être l'ouverture se trouvait-elle plus souvent ainsi devant eux pendant leurs mouvements de va-et-vient.

Dans les expériences organisées de cette façon je ne pouvais observer que les mouvements des Epinoches *en masse*, sans pouvoir suivre les progrès faits par un poisson individuellement. Cela offre quelques inconvénients, surtout parce que

l'imitation joue chez elles un rôle important et qu'il faudrait, dans les observations faites sur leurs mouvements collectifs, en faire la part. Et comme, d'autre part, une Epinoche isolée perd, comme je l'ai déjà dit, toute sa vivacité naturelle et ne réagit plus, il faut soit quelque disposition particulière de l'expérience, soit une circonstance favorable pour étudier les mouvements d'un même individu.

Cette circonstance s'est présentée dans l'expérience suivante ; cette expérience a pu être organisée et poursuivie une seule fois, sans qu'il me fût possible de la répéter un nombre indéfini de fois, comme pour la plupart des autres.

Expérience 4. — Ce qui a servi dans cette expérience, ce n'est ni l'attraction du nid, ni celle de la nourriture, mais un certain manège des Epinoches dont je n'ai pu saisir la signification et qui me paraît être une sorte de jeu.

Un jour, ayant établi dans une cuvette ¹ contenant sept Epinoches un barrage pour les voir chercher le passage vers la nourriture (comme dans l'*Exp.* 2) et placé dans le compartiment de droite (A) un petit tube contenant au fond quelques *Mysis*, j'ai pu faire les observations suivantes. Quelques instants après, une des Epinoches vient dans le compartiment A et se met à en défendre l'accès à toutes les autres. A chaque instant, l'une ou l'autre de ces dernières cherche à pénétrer dans ce compartiment, mais celle qui y est entrée la première la chasse immédiatement. Le passage entre les deux compartiments a été trouvé par toutes les Epinoches assez rapidement : en moins d'une heure toutes ont appris à s'y engager sans se heurter à la lame de verre (peut-être parce que ce passage était assez large). Pendant deux heures les mêmes mouvements continuent : l'Epinoche qui a pénétré la première dans le compartiment A y nage seule, s'efforçant de se battre avec les autres à travers la cloison de verre et veillant à ce qu'aucune ne pénètre dans son compartiment. Aussitôt qu'une quelconque s'aventure au delà de l'ouverture de communication, elle se précipite et la met en fuite. Les raisons de ces mouvements m'échappent. Ce n'est pas le tube avec les *Mysis* que l'Epinoche défend, car elle ne fait presque aucune tentative d'attraper cette proie. Il

1. Cette cuvette a 35 centimètres de diamètre et la hauteur d'eau y est de 6 à 7 centimètres.

y a, de plus, dans la cuvette un certain nombre de jeune *Gobius* qui se groupent autour du tube sans que l'Epinoche s'en inquiète et essaye de les en éloigner. D'ailleurs, pour m'en assurer, je transporte le tube dans le compartiment B, l'Epinoche le suit, mais bientôt retourne dans le compartiment A et continue à en défendre l'accès.

En pourchassant les autres, cette Epinoche dépasse souvent le passage et se trouve involontairement de l'autre côté de la cloison. Aussitôt elle s'empresse de rentrer, et c'est alors qu'on peut, en compliquant le passage, étudier sa faculté d'apprendre.

Pour cela, je place à l'extrémité de la cloison une autre lame de verre, perpendiculairement à la première. Lorsque l'Epinoche qui est l'objet de mes observations veut chasser une autre qui s'aventure dans le passage, elle a, pour la suivre de A en B, à

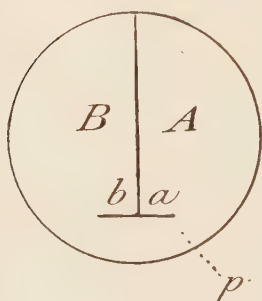


FIG. 9

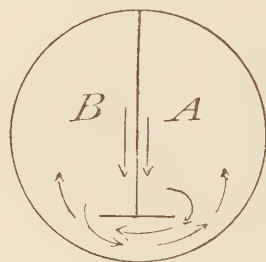


FIG. 10

Les flèches indiquent les directions des mouvements effectués par l'Epinoche dans les deux sens.

éviter l'angle formé par les deux cloisons (angle a) et à trouver le passage. Pour revenir, elle doit, de même, éviter l'angle b et la partie de la cloison transversale qui fait saillie dans le compartiment B, puis s'engager dans le passage, ne pas se heurter contre la cloison transversale et arriver à la partie qui lui donnera l'accès de son compartiment. En somme, elle doit apprendre une série de mouvements dans les deux sens, dont les directions sont marquées par les flèches. Voici la succession de mouvements que j'observe.

1^o En pourchassant une Epinoche qui a pénétré dans le compartiment A, l'individu en question franchit par hasard, après s'être heurté au coin b , le passage à l'endroit nécessaire et se trouve de l'autre côté. Pour rentrer, il éprouve des difficultés en

face de la partie correspondante de la cloison transversale, se heurte plusieurs fois au verre, voit enfin le passage *p*, mais craint de le traverser. Il manifeste très nettement les symptômes de la crainte chez ces poissons : descend un peu dans l'eau, le museau en avant, s'arrête et se met à remuer vivement ses nageoires, en même temps que son corps a un mouvement de torsion. Après quelques instants, l'Epinoche se décide à passer.

2° Le même manège recommence aussitôt, un nouveau poisson à pourchasser s'étant présenté. L'Epinoche rentre cette fois dans le compartiment A sans difficulté, mais cela ne doit être attribué qu'au hasard, comme me l'ont montré ses voyages suivants.

3° Après s'être trouvé, en pourchassant une autre Epinoche, dans le compartiment B, mon poisson, pour rentrer chez lui, ne se heurte plus au coin *b*, se heurte *une* fois à la cloison transversale, puis traverse le passage.

4° Quelques instants après, même manège ; au retour, le poisson rentre après quelques hésitations seulement, en s'arrêtant seulement au passage *p*. Mais l'habitude n'est pas encore tout à fait prise, comme on le voit à la fois suivante.

5° Pour revenir du compartiment B dans le compartiment A, l'Epinoche se heurte une fois à la partie correspondante de la petite cloison, puis s'arrête au passage *p*, avec des signes de la crainte.

6° Mouvements presque les mêmes, avec cette différence que le poisson se heurte d'abord une fois au coin *b*, puis contourne la cloison, s'engage dans le passage, se heurte une fois à *c d* et rentre après quelque hésitation.

7° Mêmes mouvements.

8° Le poisson passe avec des hésitations de B en A, mais sans se heurter une seule fois. Désormais, l'habitude semble établie, car trois fois de suite je vois le poisson, après avoir chassé d'autres Epinoches de l'autre côté de la cloison, rentrer dans son compartiment sans se heurter.

Il s'est écoulé depuis le commencement de l'expérience jusqu'à l'acquisition complète de l'habitude une heure et demie.

Je laisse les cloisons en place pendant deux jours, pour permettre à l'habitude de bien s'implanter, je les enlève ensuite et je les remets dans la cuvette quatre jours après, pour voir si l'habitude qu'avait prise mon Epinoche a entièrement disparu ou si un souvenir persiste à l'état *latent*. (Pendant les deux jours

où la cloison était présente, les attitudes respectives de cette Epinoches et des autres sont restées les mêmes.)

Expérience 5. — Les cloisons établies, les mêmes mouvements recommencent, avec les mêmes hésitations. L'habitude est reacquis au bout du même délai (une heure et demie à peu près), mais on ne peut conclure de là à l'absence d'un souvenir latent, car, les Epinoches ayant fait, au total, un nombre de mouvements plus petit que dans la première expérience (peut-être leur vivacité s'est-elle atténuée par suite du séjour dans un espace restreint), on peut dire qu'elles ont fait leur apprentissage plus facilement.

Les deux expériences suivantes m'ont montré l'existence d'un souvenir latent d'une façon plus certaine.

Expérience 6. — Dix Epinoches, placées dans une cuvette dans laquelle un barrage a été établi de la façon ordinaire, sont habituées à passer sans difficultés d'une moitié de la cuvette dans l'autre, attirées par des *Mysis* contenues dans un tube. J'enlève alors le tube et j'abandonne les poissons à eux-mêmes. Le lendemain, dix-huit heures après, je montre des *Mysis* à l'extrémité d'une pince dans le compartiment A de la cuvette (voir fig. 7), les Epinoches étant en ce moment distribuées à peu près également. Je vois celles qui sont dans le compartiment B ne se heurter, pour passer en A, que deux ou trois fois ; quelques minutes après, toutes, à l'exception d'une seule, sont dans le compartiment A. Le souvenir du chemin à prendre n'a donc pas persisté, puisque les poissons ont commencé par commettre des erreurs, mais la durée de l'apprentissage s'est trouvée considérablement abrégée.

Expérience 7. — J'ai déjà dit qu'il fallait ordinairement à mes Epinoches, en présence de la disposition déjà indiquée du barrage, une heure et demie à deux heures pour apprendre à connaître le passage d'une moitié de la cuvette dans l'autre. Pour observer le souvenir latent, j'enlève la cloison au moment où je juge l'habitude définitivement établie ; pendant quelque temps ($1/4$ d'heure à $1/2$ heure) le souvenir de la cloison subsiste encore, car les poissons continuent à prendre le chemin de l'ancien passage pour aller d'un compartiment dans l'autre. Puis, peu à peu la nouvelle expérience, acquise par

hasard, prend le dessus et les Epinoches recommencent à circuler librement dans toute la cuvette. Lorsque je recommence l'expérience les jours suivants, en remettant la cloison de la même façon, il ne faut plus à mes Epinoches qu'un temps beaucoup plus court pour réapprendre le chemin à travers le passage : un délai allant de quelques minutes à un quart d'heure suffit pour que presque toutes (une quinzaine) cessent de se heurter contre le verre. Mais jamais je n'ai pu arriver à faire durer *le souvenir lui-même* : il fallait tout de même à chaque fois un nouvel apprentissage, ne serait-ce que très court, de même que pour le *Gobius* dans l'expérience analogue (1, 7).

Nature des impressions sensorielles utilisées par la mémoire topographique

Certaines dispositions spéciales introduites dans les expériences exposées plus haut permettent d'obtenir quelques indications sur les données sensorielles qui servent de guides aux Epinoches. Et d'abord, il est facile de s'assurer que, comme chez le *Gobius*, c'est la vue qui joue ici le rôle principal. Une expérience très simple, analogue à celles déjà faites sur ce dernier poisson, permet cette constatation.

Expérience 8. — Si, au lieu d'employer une cloison en verre transparent, je partage la cuvette en deux compartiments au moyen d'un grillage métallique tel que celui décrit dans les expériences avec le *Gobius*, la durée du temps nécessaire aux Epinoches pour apprendre à passer, sans se heurter à cette cloison, d'un compartiment dans l'autre est non seulement réduite, mais pour ainsi dire supprimée : le passage est appris dans l'espace de quelques minutes. Ici comme chez le *Gobius*, il est évident que les poissons *voient* le passage et apprennent ainsi immédiatement à le distinguer, tandis que dans le cas de la cloison transparente ils sont obligés à se guider sur des indications moins directes, fournies par une série d'expériences successives.

Le fait que la *vue* joue ainsi le rôle principal dans l'orientation de ces poissons, amène à poser les mêmes questions que celles qui se sont déjà présentées relativement au *Gobius* : les

Epinoches se guident-elles sur certains repères visuels ou sur quelques autres impressions, comme le degré d'éclairement ou la distribution de la lumière et de l'ombre ?

Le rôle des repères a pu être établi au cours de l'expérience où j'ai eu l'occasion d'étudier la façon dont les Epinoches apprennent à chercher le chemin vers la nourriture (*Exp.* 2). Dans l'exposé de cette expérience j'ai négligé de parler d'un détail de la disposition des objets qui n'a de l'importance qu'en rapport avec la question du rôle des repères visuels, question qui était laissée de côté à ce moment. Une petite règle en verre, peinte en jaune éclatant, était placée juste au passage, à l'extrémité de la cloison.

Expérience 9. — Lorsque les poissons étaient suffisamment habitués à l'emplacement du passage, je transportais la règle jaune à l'extrémité opposée de la cloison, là où aucun passage n'existait. Les Epinoches ne paraissaient nullement déconcertées et circulaient à travers le passage aussi facilement qu'auparavant.

Le même résultat a été obtenu par moi dans plusieurs autres expériences (exactement 6) organisées sur le même plan avec un autre lot d'Epinoches et où une petite règle peinte en vert ou en jaune était destinée à servir de repère. Sur six expériences faites ainsi, j'ai eu une seule fois un résultat contradictoire : une fois, lorsque j'avais transporté la règle colorée qui indiquait le passage à l'extrémité opposée de la cloison, les poissons l'ont suivie et se sont groupés des deux côtés de la cloison dans le voisinage de cette règle. Ce résultat peut cependant recevoir une explication si l'on tient compte du fait que l'expérience dans laquelle il a été obtenu a été la première de cette série et que la règle colorée était pour les Epinoches un objet nouveau. Et comme ces poissons présentent toujours des mouvements de « curiosité » vers les objets inconnus (ceux, naturellement, qui ne les effrayent pas), je suis portée à croire que c'est dans ce sentiment de curiosité qu'il faut chercher l'explication de leur attitude dans ce cas.

Les expériences suivantes, faites en vue de la même question à l'aide de procédés un peu différents, parlent d'ailleurs dans le même sens.

Expérience 10. — Le barrage étant d'abord établi comme dans l'*Exp.* 2, la règle jaune placée comme repère indiquant

le passage, je laisse les Epinoches apprendre à le trouver sans difficulté, puis, une fois l'apprentissage fait, je tourne la cuvette de 90 degrés, la cloison et la règle restant en place, afin de vérifier l'aide possible apporté par le repère dans les nouvelles conditions. Je vois alors que mes poissons sont embarrassés par le changement : ils recommencent à se heurter contre la cloison et il se passe vingt minutes avant qu'ils n'aient appris à trouver le passage de nouveau.

J'en conclus que la règle ne leur sert pas de repère, car s'ils se guidaient sur elle, ils auraient retrouvé le passage immédiatement.

Expérience 11. — J'établis dans la cuvette un barrage incomplet, cette fois parallèlement au plan de la fenêtre et en travers de la cuvette. (Cette petite modification est destinée à éviter l'influence possible du souvenir latent portant sur la disposition habituelle de la cloison, car j'opère depuis plusieurs jours avec les mêmes individus.) A l'extrémité de la cloison, une règle peinte en jaune est placée comme auparavant, pour indiquer le passage. Cette fois l'apprentissage est d'une durée très courte : au bout de quelques minutes, les Epinoches passent d'une moitié de la cuvette dans l'autre sans presque se heurter contre le verre. Je remplace alors la règle *jaune* par une règle *verte* ; aucun changement n'est observé dans leurs mouvements.

Je place ensuite la cloison, qui est notablement plus courte que le diamètre de la cuvette, au milieu de cette dernière, toujours parallèlement au plan de la fenêtre, de façon à laisser entre les deux compartiments non pas un seul passage, mais deux, plus étroits. Je place la règle jaune à l'un de ces passages, du côté opposé à celui où elle se trouvait précédemment, et la règle verte à l'autre. Les Epinoches trouvent les deux passages avec une égale facilité, bien que la règle jaune ait été depuis plusieurs jours employée pour leur indiquer le chemin.

Expérience 12. — Cette expérience a été faite au cours de mes observations sur la façon dont une Epinoche apprend à chercher son chemin au milieu d'un système de deux cloisons (voir *Exp. 4*, dont j'ai profité pour résoudre différentes questions).

J'ai introduit dans le milieu qui entoure mes poissons non plus un repère visible, il est vrai, mais insignifiant comme dimension et, en somme, peu impressionnant, mais un changement d'aspect

plus important. Lorsque les Epinoches ont bien appris à circuler dans le passage laissé par la cloison de verre transparent (cloison principale), j'enlève cette cloison et je la remplace par une lame de verre d'une couleur vert foncé, très peu translucide. Les poissons s'aperçoivent bien du changement, car je les vois manifester une certaine peur ; ainsi, l'individu qui pourchasse les autres, lorsqu'il lui faut rentrer du compartiment B dans le compartiment A, recule un peu et se baisse vers le fond, avant de continuer son chemin. Les autres poissons manifestent de même leur peur par les symptômes habituels. Ils n'en continuent pas moins leur va-et-vient incessant d'un compartiment dans l'autre et les mouvements qu'ils exécutent sont les mêmes : ils ne se heurtent pas plus qu'auparavant.

Je conclus de ces expériences que, pas plus que les *Gobius*, les Epinoches ne se guident sur les objets visibles placés sur leur chemin et qui leur serviraient de points de repère.

En ce qui concerne l'influence probable de l'éclairage général, certaines observations faites au cours d'expériences précédentes l'indiquent déjà. Ainsi, j'ai constaté que lorsque le barrage était placé perpendiculairement à la fenêtre, de façon à assurer aux deux compartiments de la cuvette un éclairage égal, la durée de l'apprentissage était notablement plus longue que lorsque le barrage partageait la cuvette en deux parties inégalement éclairées : l'une plus rapprochée de la fenêtre, l'autre plus éloignée (voir *Exp. II*). Avec la première disposition il fallait aux poissons, pour apprendre à trouver leur chemin, une à deux heures ; avec la seconde, quelques minutes suffisaient. La seule explication possible, à mon avis, c'est que l'éclairage asymétrique et la réflexion différente des objets dans le verre facilitait aux Epinoches leurs recherches. Les quelques expériences suivantes sont destinées à montrer l'influence de l'éclairage général et de ces jeux de la lumière dans les parois de la cuvette que j'ai déjà indiqués chez les *Gobius*.

Expérience 13. — Dans une cuvette qu'une cloison incomplète, placée perpendiculairement au plan de la fenêtre, divise en deux moitiés j'habitue mes Epinoches à trouver le passage laissé par le barrage ; lorsque l'habitude est acquise, je tapisse intérieurement les parois de la cuvette d'un papier blanc, pour supprimer la réflexion dans le verre. Les Epinoches se montrent

aussitôt embarrassées et recommencent à se heurter contre la cloison de verre, semblant avoir oublié le passage.

Expérience 14. — Cette expérience diffère de la précédente en ce que, pour mieux dégager le trouble apporté par la suppression des jeux de la lumière dans le verre, j'ai utilisé une disposition qui, par elle-même, facilite beaucoup la recherche du passage par les poissons : la cloison en grillage métallique visible dont j'ai déjà parlé plus haut. En quelques minutes, les Epinoches apprennent à passer d'un compartiment dans l'autre. Je tapisse ensuite, comme précédemment, de papier blanc l'intérieur de la cuvette ; elles se montrent embarrassées, recommencent à se heurter à la cloison. Il faut un temps relativement considérable (20 minutes) pour leur reapprendre à retrouver le passage.

Il peut sembler étrange pourquoi ce temps dépasse celui employé au début de l'expérience pour apprendre le passage en présence de la cloison en grillage métallique. Une explication possible me paraît être celle-ci : la première fois, les poissons étudiaient le passage dans les conditions ordinaires, auxquelles ils étaient habitués ; le papier blanc leur enlève en même temps la connaissance du passage et la connaissance de leur milieu. J'ai pu constater, en effet, que des Epinoches bien habituées à leur entourage recommençaient à faire le tour de leur cuvette, comme elles l'avaient fait les premiers jours, lorsque les parois de cette cuvette se trouvaient tapissées un jour de papier blanc.

Expérience 15. — C'est une variante de l'expérience précédente, dans laquelle la couleur du papier employé a été changée : j'ai pris, au lieu du papier blanc, du papier rouge qui, comme nous le verrons plus loin, constitue le milieu coloré que les Epinoches préfèrent aux autres milieux artificiels. Les poissons qui ont trouvé en sept minutes le passage laissé par la paroi grillagée, recommencent maintenant à le chercher ; il leur faut pour cet apprentissage un temps un peu plus long qu'avec le papier blanc : un peu plus d'une demi-heure.

De ces deux expériences je crois pouvoir conclure que, comme chez le *Gobius*, les jeux de la lumière dans le milieu environnant constitue pour les Epinoches un moyen de se reconnaître dans ce milieu.

Dans l'expérience suivante j'ai produit un changement d'éclairage plus important, en modifiant la distribution de la lumière et de l'ombre.

Expérience 16. — La cuvette et la cloison de verre étant disposées de la façon habituelle et mes Epinoches s'étant habituées, dans l'espace d'une demi-heure, à passer librement d'un compartiment dans l'autre, attirées par des *Mysis* placées là dans un tube fermé, je projette une ombre sur une moitié de la cuvette, à l'aide d'une toiture et d'un paravent en carton. Les Epinoches recommencent alors à se heurter contre la cloison, comme si le milieu était devenu nouveau pour elle ; cela dure ainsi pendant un quart d'heure à peu près, ensuite les difficultés diminuent et, au bout de quelques minutes encore, le chemin d'un compartiment dans l'autre est connu de tous les poissons. J'enlève alors le paravent et la toiture. Ce nouveau changement des conditions d'éclairage constitue un nouvel obstacle : je vois de nouveau les Epinoches éprouver des difficultés et ne réapprendre à trouver le passage qu'après un nouveau délai de dix minutes environ.

Ces expériences permettent, il me semble, de formuler pour les Epinoches des conclusions semblables à celles auxquelles m'ont amené les expériences sur les *Gobius* :

1° Les Epinoches *ne se guident pas, dans la recherche de leur chemin, sur des objets qu'ils rencontrent et qui pourraient leur servir de points de repère.*

2° *Ce qui leur sert pour se diriger, c'est un certain éclairage, dans lequel il faut distinguer la distribution de la lumière et de l'ombre et la réflexion de la lumière dans les parois de la cuvette.*

3° *Une modification dans l'un de ces deux facteurs apporte un trouble dans la connaissance du chemin, déjà établie.*

*
* *

Il n'est pas sans intérêt de rapprocher les conclusions que j'ai tirées relativement au *Gobius* et à l'Epinoche de celles obtenues, à la suite d'expériences sur les Vertébrés supérieurs par les physiologistes de l'école de Pawlow. Des expériences faites par eux sur le chien il résulte que l'excitation visuelle qui arrive le plus facilement à provoquer le réflexe conditionnel de

la salivation est celle produite par un *changement d'intensité lumineuse* ou l'aspect d'un objet *en mouvement*. La forme et la couleur ne viennent qu'ensuite. Si c'est là une propriété général du travail cérébral des Vertébrés, on comprend que le poisson soit impressionné tout d'abord par les différences d'éclairément et que ce soient elles qui le guident dans sa recherche du chemin.

Nous verrons plus loin que la comparaison entre la perception de la forme et celle de la couleur, telle qu'elle se manifeste chez les Poissons, entraîne, de même, des conclusions conformes à ce que Pawlow et ses élèves ont observé chez le chien.

*
* *

Mais la vue est-elle le seul sens qui aide le poisson à s'orienter ?

Une première remarque qu'on peut faire, c'est que l'idée émise par certains auteurs que les organes de la ligne latérale permettraient aux poissons de percevoir la présence dans l'eau d'obstacles et leur feraient sentir le voisinage d'une paroi par une sorte de tact à distance, ne me paraît pas confirmée par les faits. Un barrage transparent, tel qu'une lame de verre, ne se révèle aux poissons par rien, comme on peut facilement s'en assurer lorsqu'on les voit essayer de pénétrer à travers une telle cloison (comme par exemple lorsque, dans mes expériences, les *Gobius* ou les *Epinoches* cherchent leur chemin) ou bien lorsqu'ils essayent de se battre entre eux malgré la lame de verre qui les sépare, comme je l'ai vu très souvent chez les *Epinoches*. Je n'émetts, d'ailleurs, là aucune opinion générale sur le rôle que ces organes peuvent jouer : je me borne strictement à dire que *dans mes expériences* ils n'ont pas permis aux poissons de reconnaître un obstacle transparent placé devant eux.

Il est possible, d'autre part, qu'à côté d'une mémoire visuelle prédominante, il y ait place également pour une mémoire motrice qui aide dans une certaine mesure à l'orientation. Certaines observations font penser qu'il en est, en effet, ainsi.

Dans toutes les expériences, par exemple, où l'on force un *Gobius* à chercher son chemin à travers un passage, on peut faire l'observation suivante. Lorsqu'on fait sortir le poisson de sa coquille, il se retourne immédiatement pour y rentrer et on

est obligé de le chasser plus loin. Pendant ce trajet forcé, tant qu'il ne s'est pas trop éloigné de sa demeure, il fait des tentatives pour revenir et, si vous ne l'en empêchez pas, il refait pour cela exactement le même trajet, en sens inverse. Même si vous l'avez poussé de l'autre côté de la cloison, mais à une petite distance du passage, il revient souvent immédiatement, sans tâtonnements. Il est probable que dans ces cas, où les distances parcourues sont courtes et le trajet peu compliqué, le souvenir des mouvements effectués suffit pour le guider. Il est probable aussi que dans les mouvements d'un *Gobius* étudiant son entourage et étendant de plus en plus loin ses investigations avec chaque nouveau voyage, le souvenir de la direction et de l'étendue des mouvements effectués joue un certain rôle, de même que dans la recherche du chemin chez ce même poisson et chez les Epinoches. Mais ce rôle est moins important que celui des impressions et des souvenirs visuels ¹.

III. — JEUNES PLIES

Contrairement aux *Gobius*, les plies adultes se prêtent très peu aux expériences psychologiques. Soit qu'elles s'adaptent mal aux conditions du laboratoire où il est difficile de créer pour elles un milieu s'approchant de leur milieu naturel, soit qu'elles sont par nature peu mobiles, mais, dans un aquarium, une Plie adulte reste constamment couchée sur le fond et ne réagit aucunement, ou bien, au contraire, s'effraye au point de bondir hors du bassin. Par contre, les jeunes, certaines du moins, car il y a, à cet égard, des différences individuelles, dues peut-être à l'âge, offrent un sujet d'étude très commode. J'avais à ma disposition des individus d'âges très différents; ceux qui se prêtaient le mieux aux expériences avaient à peu près de 3 à 5 centimètres de longueur et devaient être âgés, d'après les renseignements fournis par le travail spécial sur les Pleuronectes de F. J. COLE et J. JOHNSTONE, de trois à six mois au début des expériences (les jeunes Plies deviennent asymétriques à six semaines et atteignent la maturité sexuelle à l'âge de 3 à

1. Il est possible aussi que la prédominance de la perception des formes sur celle des couleurs, que j'ai pu constater et dont il sera question plus loin, ait quelque rapport avec les sensations motrices (mouvement des yeux) qui participent à la première.

4 ans). Plus âgées, les jeunes Plies deviennent plus craintives ; d'autre part, trop jeunes, elles savent mal poursuivre leur proie et, par conséquent, se prêtent peu aux expériences. Parmi les expériences qui m'ont permis de constater l'existence chez ces jeunes animaux d'une *mémoire topographique*, certaines m'ont servi à comparer cette forme de la mémoire à celle qui porte sur l'*aspect* des objets, leur forme et leur couleur. Mais comme ces expériences ne peuvent être exposées avant celles sur la perception des couleurs et des formes, je n'en cite à cette place que deux : celles où la notion de la *place* figure à l'exclusion de tout autre.

Expérience 1. — J'offre au poisson une proie à l'extrémité d'une pince ; il la dévore, puis vient à plusieurs reprises sauter sur un pince vide, essayant d'en mordre l'extrémité. Après un certain nombre de tentatives d'attrapper ainsi une proie, il en voit l'inutilité et cesse de s'intéresser à la pince. Mais il suffit de la déplacer pour que le poisson s'y précipite de nouveau : cette pince déplacée lui paraît un objet nouveau où il cherche à nouveau la nourriture (expérience analogue à celle n° 4 sur le *Gobius*).

Une autre habitude de l'animal permet d'arriver à la même conclusion.

Expérience 2. — Les jeunes Plies manifestent très souvent une « curiosité » à l'égard des objets nouveaux qui apparaissent dans leur entourage : une pince, un tube de verre, etc., à condition, naturellement qu'on plonge ces objets sans brusquerie, de façon à ne pas effrayer les poissons. Ainsi, lorsque je plonge dans l'aquarium un de ces objets, je vois un certain nombre de poissons venir les regarder à plusieurs reprises. Ces mouvements cessent au bout de quelque temps, les Plies s'étant probablement familiarisées avec l'objet ; mais il suffit de le déplacer pour qu'il redevienne un d'objet de « curiosité », c'est-à-dire apparaisse comme nouveau.

Ces expériences montrent que chez les jeunes Plies, comme chez les *Gobius* et les *Epinoches*, la connaissance des objets est tout d'abord liée à leur emplacement, plutôt qu'à leur aspect propre.

IV. — JEUNES SYNGNATHES

On peut faire des expériences sur la mémoire avec des Syngnathes très jeunes, d'un âge où les jeunes *Gobius*, par exemple, ne savent pas encore attraper leur nourriture. Ainsi, j'ai expérimenté sur de jeunes Syngnathes, cinq jours après leur éclosion. Comme chez les Plies, les jeunes seuls se prêtent facilement aux expériences psychologiques : les adultes sont des animaux lents, peu agiles, peu adroits dans la capture de leur proie. Les jeunes sont aussi peu mobiles, mais se laissent plus facilement attirer par la nourriture (les animaux du plancton) ; ils présentent aussi cet autre avantage qu'on peut en avoir, dans un aquarium, un assez grand nombre, ce qui permet d'observer leurs mouvements d'ensemble, en masse. Voici la marche de mes expériences.

Expérience 1. — La méthode employée est la même que pour les jeunes *Gobius* : deux éprouvettes, l'une (*a*) avec du plancton, l'autre (*a'*), vide, toutes les deux bouchées, sont plongées aux deux extrémités d'un diamètre de la cuvette dans laquelle se trouvent les jeunes poissons. Lentement, les jeunes Syngnathes s'acheminent vers l'éprouvette *a* et une demi-heure après le commencement de l'expérience tous sont groupés autour d'elle. J'enlève alors le bouchon de celle des deux éprouvettes qui contient le plancton ; les petits animaux qui le composent s'échappent et sont saisis par les poissons.

Cette première expérience ne suffit pas à enraciner le souvenir : lorsque, le lendemain, je place en *a* et en *a'* deux éprouvettes *vides*, je constate simplement un vague mouvement de « curiosité » vers les deux, peut-être plus marqué vers *a'*, mais d'une façon insuffisamment nette. Pendant deux jours je continue à donner du plancton aux poissons dans l'éprouvette placée constamment en *a*, avant de faire une nouvelle expérience avec les éprouvettes vides.

Lorsque je juge l'habitude suffisamment fixée, je répète cette expérience.

Expérience 2. — Après avoir enlevé les deux éprouvettes, dont l'une (en *a*) avait contenu du plancton, je laisse aux Syngnathes le temps de se disperser dans la cuvette et je replace les deux éprouvettes, vides. Cette fois les poissons se groupent nette-

ment autour de l'éprouvette en *a*, sans accorder aucune attention à l'autre. J'enlève alors les deux éprouvettes, pour reprendre l'expérience vingt-quatre heures après, à l'effet de juger de la durée du souvenir.

Expérience 3. — Je plonge, vingt-quatre heures plus tard, les deux éprouvettes vides, les plaçant en *a* et *a'*. Les poissons viennent en *a*, à l'ancienne place. Le souvenir s'est donc maintenu.

Expérience 4. — Répétée après un intervalle de quarante-huit heures, la même expérience donne des résultats beaucoup moins nets, soit que le souvenir se soit effacé à cette durée, soit que les animaux ne réagissent pas pour une cause quelconque, telle qu'un affaiblissement général. Cette dernière raison était peut-être la vraie, car à partir de ce moment mes jeunes Syngnathes ont rapidement commencé à disparaître. On ne peut donc rien en conclure quant à la *durée* du souvenir ; il en est de même, d'ailleurs, dans toutes les expériences à résultats négatifs : on ne peut jamais être absolument sûr de la cause qui les produit.

Ce que j'ai pu constater suffit pour conclure que la mémoire topographique existe, d'une façon très précoce, chez les jeunes Syngnathes et que le souvenir se maintient pendant quelque temps (minimum constaté, 24 heures).

*
**

Aucune expérience d'orientation n'a pu être faite avec les deux dernières espèces, ces poissons étant trop peu mobiles pour qu'on puisse les obliger à se déplacer à volonté. Le nombre et la signification des expériences qui les concernent est donc moindre ; elles ont eu surtout pour but : en partie, de confirmer sur deux espèces nouvelles les résultats déjà obtenus avant, mais surtout de montrer les manifestations de la mémoire topographique chez des individus *jeunes*.

CONCLUSIONS

Les expériences sur la mémoire topographique des espèces étudiées (*Gobius*, Epinoche, Plie, Syngnathe) montrent que cette

mémoire existe, que le souvenir persiste pendant un temps variable (le plus long délai, constaté chez de jeunes *Gobius*, a été de dix-huit jours) et que l'apparition de cette mémoire est plus ou moins précoce chez les différentes espèces. Cette mémoire est conditionnée, comme le montre l'orientation des *Gobius* et des *Epinoches*, par des données sensorielles, visuelles et peut-être en partie motrices. Parmi les données visuelles, les conditions de distribution de la lumière et de l'ombre et la réflexion de la lumière dans le milieu transparent paraissent occuper la première place.

Le rôle important que la mémoire topographique joue dans l'adaptation du poisson à son milieu ressort d'ailleurs surtout de sa comparaison avec la mémoire visuelle portant sur la couleur ou la forme des objets. Je passe maintenant à ces dernières formes de mémoire.

MÉMOIRE DES COULEURS ET DES FORMES

I. — DISCRIMINATION ET MÉMOIRE DES COULEURS

Deux méthodes ont été employées par les auteurs pour l'étude de la perception des couleurs chez les Poissons : la méthode des écrans ou des fonds colorés et la méthode d'objets colorés (verres, pincettes) dont la vue s'associe chez l'animal à la perception de la nourriture. Dans la première méthode, seule est étudiée la perception des couleurs, qui se révèle par certaines réactions de l'animal en présence d'un milieu coloré ; dans la deuxième, la perception des couleurs et leur rétention par la mémoire sont étudiées simultanément et la seconde sert indirectement à démontrer la première. La première méthode a été employée par certains physiologistes en dehors de toute question psychologique ; la seconde, surtout par des auteurs qui se sont préoccupés de ces dernières.

Je parlerai des expériences physiologiques sur l'influence des milieux colorés dans une autre partie de ce travail ; ici, la méthode « associative » a été employée presque exclusivement. Cette méthode me paraît avoir sur la méthode « physiologique » cet avantage que, dans celle-ci, seuls les résultats positifs comptent : lorsque l'animal manifeste par certains mouvements qu'une surface ou une lumière colorée l'attire ou l'effraye, nous pouvons bien en conclure qu'il perçoit la différence de couleur, mais la réciproque ne serait pas vraie, car il est très possible que l'animal perçoive bien ces différences, mais reste indifférent à leur égard, la couleur qu'il voit n'ayant aucune importance pour ses fonctions vitales. Aussi la méthode des fonds ou des écrans colorés me paraît-elle devoir être réservée pour l'étude des tropismes, et la méthode « associative » convenir mieux pour établir le fait même de la vision colorée. Elle est naturellement la seule possible lorsqu'il s'agit de l'étude de la mémoire des couleurs.

Le procédé le plus simple consiste à associer la notion de la nourriture avec celle d'une couleur : proie colorée (REIGHARD, FRISCH), proie attachée au voisinage des bandelettes colorées (WASHBURN et BENTLEY) ; proie placée dans des cylindres ou tubes colorés (OXNER, expériences de l'auteur), proie tenue par des pinces colorées (expériences de l'auteur). Toutes ces méthodes ont été employées simultanément et indépendamment les unes des autres par ces divers auteurs.

Je me suis servie dans les expériences ci-dessous de deux méthodes : celle des *pinces diversement colorées*, de forme et de grandeur identiques, plongées dans l'eau l'une avec une proie au bout, l'autre vide, et celle des *tubes en verre de couleur*, munis d'une poire en caoutchouc et dont je faisais sortir la proie par la pression (cet artifice a été rendu nécessaire par cette circonstance que cette proie, les *Mysis*, est une proie vivante, donc impossible à fixer à l'intérieur du tube coloré). Pour éliminer l'influence possible des différents degrés de la faim, je prenais soin à laisser toujours dans l'aquarium un nombre suffisant de *Mysis* pour que mes poissons puissent se nourrir régulièrement.

Les expériences au moyen des pinces colorées ont été faites chacune plusieurs fois et sur des individus différents.

J'en choisis quelques-unes comme étant chacune le type d'une série ; là où la durée de la persistance du souvenir intervient, c'est l'expérience où cette durée s'est montrée la plus longue qui est citée.

I. — *GOBIOUS MINUTUS*

Expérience 1. — Placé dans une cuvette, un *Gobius* s'habitue, à la suite d'un apprentissage ayant duré quatre jours, à prendre sa nourriture à l'extrémité d'une pince peinte en rouge. L'association entre la perception de la pince et celle de la nourriture s'établit aussitôt que le poisson est suffisamment apprivoisé pour manger de cette façon : le troisième jour, il saute sur la pince vide *deux heures* après avoir de la nourriture ; le cinquième jour, il se comporte de même après un intervalle de *vingt-quatre heures*. Je complique alors l'expérience et, après avoir donné au poisson quelques *Mysis* avec la pince rouge, je lui présente, *quarante-huit heures après*, deux pinces : l'une rouge, l'autre verte, toutes les deux vides, de même forme et

plongées à la même profondeur. Le *Gobius* saute immédiatement sur la pince rouge.

Je répète cette expérience, en mettant des intervalles de plus en plus longs, d'abord de deux jours, puis de trois, quatre, cinq, six jours, entre la prise de la nourriture, toujours donnée sur la pince rouge, et la présentation des deux pinces vides ; la durée de *sept jours* m'a apparu, dans cette première expérience, comme la limite extrême de la persistance de ce souvenir.

Cette expérience montre déjà qu'une association peut s'établir chez le poisson entre la perception de la nourriture et une couleur, notamment la couleur rouge, et que les traces de cette association persistent au moins pendant plusieurs jours (ici, 7 jours).

L'expérience suivante me fournit un résultat analogue pour une couleur différente.

Expérience 2. — Dans un aquarium assez grand (0 m. 55 de long sur 0 m. 35 de large) où demeurent des *Gobius* de différents âges, bien acclimatés pour être restés dans cet aquarium pendant trois semaines, je commence à habituer ces poissons à prendre des *Mysis* à l'extrémité d'une pince peinte en vert ; dès le premier jour, un *Gobius* apparaît comme très apte à cet apprentissage ; après lui avoir fait prendre ainsi des *Mysis* cinq ou six fois sans interruption, je plonge, en un endroit différent de l'aquarium (pour éliminer l'influence du souvenir topographique) deux pinces : une rouge et une verte, toutes les deux vides. Le *Gobius* vient les regarder, puis s'approche de la verte, mais sans encore se précipiter sur elle. J'en conclus (comme toujours dans ces cas) que le souvenir n'est pas encore suffisamment fixé et qu'il faut continuer à donner de la nourriture avec une pince verte. Je répète cela pendant quatre jours de suite ; le quatrième jour, je constate que l'association entre la couleur de la pince et la nourriture est établie.

Alors, quelques minutes après avoir donné une *Mysis* avec la pince verte, je plonge dans le bassin deux pinces vides, d'abord une rouge, puis, quelques instants après, une verte. A la vue de la pince rouge, le *Gobius* vient bien dans sa direction, mais ne se précipite pas ; au contraire, lorsque je plonge la verte, il saute sur elle à plusieurs reprises.

Je répète l'expérience plusieurs fois, avec les mêmes résultats.

La durée du souvenir s'est montré à ce moment encore peu considérable. Le lendemain, à la vue de deux pinces vides : la pince verte et une pince nouvelle, de couleur jaune, le *Gobius* commet des erreurs et, sur 6 fois, vient 2 fois vers la pince jaune et 4 fois vers la verte. La prédominance est bien en faveur de la pince verte, de couleur connue, mais elle n'est pas totale. Cette durée si courte a tenu probablement à ce que l'habitude n'était pas encore suffisamment enracinée. Elle s'est montrée beaucoup plus considérable dans les jours suivants.

Expérience 3. — Pendant plusieurs jours j'ai continué à habituer le même *Gobius* à prendre beaucoup de fois des *Mysis* sur la même pince verte et je lui ai présenté alors seulement les deux couleurs, l'une connue, l'autre nouvelle. Avertie par certaines observations faites au cours de l'expérience précédente et dont je parlerai plus loin, j'ai voulu cette fois dissocier la couleur de la forme, de façon à pouvoir étudier le souvenir de la couleur seule. Pour cela, après avoir, une dernière fois, donné au poisson des *Mysis* sur une pince verte, je plonge dans l'eau, plusieurs heures (exactement 3 heures) après, deux tubes minces, en verre coloré, l'un vert, l'autre rouge. Le *Gobius* vient heurter six fois le tube *vert* et pas une seule fois le tube rouge. J'enlève alors les tubes et je les replonge dans l'aquarium une demi-heure plus tard ; il vient cinq fois heurter le tube *vert*, sans faire aucune attention au rouge. Une demi-heure après encore (sans nouvelle prise de nourriture) même expérience, avec même résultat : le poisson vient plusieurs fois, exclusivement au tube *vert*.

Je répète l'expérience vingt-quatre heures après, sans avoir donné de la nourriture dans l'intervalle. Le *Gobius* s'approche à plusieurs reprises du tube vert, mais sans sauter sur lui ; il ne fait aucune attention au tube rouge.

Le lendemain, c'est-à-dire quarante-huit heures après la prise de la nourriture, lorsque je plonge dans l'eau deux pinces vides : une verte et une rouge, je vois encore le *Gobius* heurter plusieurs fois la *verte*, sans toucher à la rouge.

Pour voir la durée maxima de ce souvenir, je donne de nouveau de la nourriture avec la pince verte et je plonge les deux pinces, la verte et la rouge, trois jours après : le *Gobius* vient six fois de suite heurter la *verte*, sans faire attention à la rouge ; on le voit, longtemps après encore, tourner autour de la première.

En mettant entre la prise de la nourriture et la présentation des pinces vides des intervalles de plus en plus longs, j'arrive à un maximum de douze jours : à mesure que le temps s'allonge, le souvenir s'affaiblit, et les onzième et douzième jours je vois le *Gobius* venir simplement regarder la pince verte pendant assez longtemps : il continue à ne pas faire attention à la pince rouge. Le lendemain, il paraît considérer les deux avec la même indifférence et l'expérience prend fin.

Comme pour toutes les expériences où l'on veut étudier la durée du souvenir, il faut faire ici une réserve. La cessation de certains mouvements de la part du poisson peut être due à deux causes : soit à la *disparition du souvenir*, soit à l'implantation d'une *expérience nouvelle* qui lui montre l'inutilité de ses efforts. Si la deuxième explication est la vraie, le résultat négatif n'implique pas l'oubli. Il ne faut donc attribuer à ces indications de durée qu'une importance relative.

Ces expériences montrent que le *Gobius* peut apprendre à connaître la couleur *verte* (de même que la rouge dans l'*Exp.* n° 1) et à en conserver le souvenir indépendamment de la forme de l'objet (pour la question de la forme, voir plus loin). La durée de ce souvenir peut aller jusqu'à douze jours dans les conditions expérimentales données.

Des expériences analogues ont été faites avec des combinaisons de pinces *rouge et bleue, bleue et verte, rouge et jaune, verte et jaune*, et elles ont donné les mêmes résultats.

Il m'a paru intéressant de faire une expérience de même ordre avec des *Gobius jeunes*, de différents âges.

Les jeunes manifestant un mouvement de curiosité vers tout nouvel objet, il n'est pas difficile de les attirer vers une pince portant de la nourriture, ou même vide. Je les vois ainsi se rassembler autour d'une pince verte qui porte une *Mysis* et la suivre ; ils suivent de même les déplacements d'une pince vide plongée aussitôt après. Voici la marche de mon expérience.

Expérience 4. — Plusieurs heures après avoir donné de la nourriture avec une pince verte, je plonge dans l'aquarium contenant une trentaine de jeunes poissons deux pinces vides : la pince verte et une autre, jaune. Les jeunes poissons viennent en grande majorité vers la verte ; très peu se dirigent vers la jaune.

Le lendemain, ce souvenir paraît être effacé, car les poissons viennent aussi nombreux vers la verte que vers la jaune. Pendant trois jours consécutifs je tâche alors de l'implanter davantage, en établissant fréquemment une association entre la nourriture et la couleur verte. Le quatrième jour, quelques heures après avoir donné aux poissons des *Mysis* avec la pince verte, je plonge dans le bac deux tubes de verre coloré, l'un vert, l'autre rouge; ce remplacement de pinces par des tubes se fait pour la même raison que dans l'expérience précédente, c'est-à-dire pour dissocier la couleur de la forme. Ne pouvant pas suivre individuellement les mouvements de chaque poisson, les jeunes venant nombreux, je compte le nombre de visites que reçoit chaque tube : je trouve, dans l'espace de dix minutes, 22 visites au tube vert et 10 au tube rouge, pendant les dix minutes suivantes, 18 au tube vert, 5 au tube rouge; enfin, pendant un nouvel intervalle de dix minutes, 14 visites au tube vert, 5 au rouge.

Vingt-quatre heures après, lorsque je plonge les deux tubes, je constate que les visites des jeunes poissons deviennent plus rares et la différence entre leur nombre pour chaque tube moins accentuée : je compte, dans l'espace de dix minutes, 10 visites au tube vert et 6 au rouge. Le souvenir ne paraît donc plus aussi net et s'efface complètement chez certains.

Pour m'assurer si la présentation de la forme connue en même temps que de la couleur connue ne raviverait pas ce souvenir, je plonge dans l'aquarium, le jour suivant, au lieu de tubes, deux pinces vides, de couleur correspondante : une rouge et une verte. Je vois alors les jeunes poissons venir beaucoup plus nombreux vers la seconde : elle reçoit dans l'espace de dix minutes, 30 visites, tandis que la première n'en reçoit que 13. De plus, les poissons viennent souvent *mordre* la pince verte, tandis que, même ceux qui s'approchent de la rouge, se bornent à la regarder.

Cette persistance du souvenir de la couleur pendant quarante-huit heures tandis qu'il a paru s'être effacé au bout de vingt-quatre heures, s'explique donc bien par le trouble qu'avait apporté la différence des formes, les pinces ayant été, dans l'expérience de la veille, remplacées par des tubes.

Je donne quelque nourriture avec la pince verte pour entretenir le souvenir et je remets la continuation de l'expérience à trois jours, pour arriver à établir approximativement le maximum de la durée du souvenir.

Passé ce délai, je plonge dans le bassin les deux pinces : la verte et la rouge. Dans l'espace de quelques minutes, la verte reçoit 25 visites, la rouge 3. De plus, près de la verte le rassemblement est très stable : les jeunes poissons ne cessent de tourner autour d'elle.

Après avoir constaté ainsi que le souvenir a subsisté pendant trois jours, je laisse passer, après la dernière prise de la nourriture, un nouvel intervalle, de cinq jours cette fois, et je constate que le sixième jour, les deux pinces vides étant plongées, la verte reçoit, dans l'espace de quelques minutes, 30 visites de jeunes poissons et la rouge 9 visites seulement.

Avec un nouveau délai de cinq jours, sans nouvelle prise de nourriture, la limite de la durée du souvenir semble atteinte pour ces jeunes *Gobius* : je les vois, il est vrai, venir un peu plus nombreux vers la pince verte que vers la rouge, mais d'une façon beaucoup moins accentuée. Le lendemain, ils viennent encore une fois regarder la pince verte avec plus d'insistance que l'autre, mais je juge que la limite est atteinte et j'arrête l'expérience. En tout, il s'est écoulé depuis la dernière prise de nourriture sur la pince verte, *treize jours*, durée qui est à peu près la même que celle constatée par la même méthode et avec les mêmes intervalles (les poissons se trouvant dans le même aquarium) chez le *Gobius* adulte dans les expériences n^{os} 2 et 3.

Dans l'intervalle (le septième jour), j'ai plongé dans le bassin deux lames de verre rectangulaires, de 5 centimètres de largeur à peu près, teintées l'une en vert, l'autre en jaune ; les jeunes *Gobius* ont nettement montré l'existence chez eux d'une association entre la couleur verte et le souvenir de la nourriture : pendant que la règle verte recevait 20 visites, il y en avait 3 seulement pour la jaune. Un résultat à peu près identique a été obtenu le même jour avec des tubes de couleur, vert et rouge. Le souvenir de la couleur était donc à ce moment suffisamment implanté pour se manifester même en dépit de la forme différente de l'objet.

..

A côté de cette méthode, j'ai employé aussi celle des tubes de verre coloré, qui m'a permis d'avoir des indications sur l'aptitude de mes poissons à distinguer les différentes nuances

d'une même couleur. Voici le procédé employé à cet effet. Je me sers de tubes de verre de couleur, transparents, assez longs pour pouvoir être tenus à une certaine hauteur à partir du niveau de l'eau et plongés assez profondément. Leur diamètre est d'un peu plus de 0 cent. 5. A ces tubes de verre j'adapte, comme je l'ai déjà dit, une poire en caoutchouc ; je puise dans un récipient quelques proies vivantes (des *Mysis*) et je plonge le tube dans l'aquarium qui contient un certain nombre de *Gobius* et quelques jeunes Plies. Les poissons voient la proie à travers le verre et, au bout d'un apprentissage assez court, s'habituent à venir vers le tube et à saisir la proie que je fais sortir en pressant sur la poire. Je procède alors comme pour les pinces, c'est-à-dire, lorsque l'habitude me paraît suffisamment enracinée, je plonge, à côté du tube en question, un autre tube de couleur différente, tous les deux vides. Les poissons viennent, comme pouvaient déjà le faire prévoir les expériences avec les pinces, vers le tube de la couleur associée à la nourriture. Mais cette association ne se manifeste pas dès le prime abord avec la stabilité voulue : il faut pour cela un nombre plus ou moins grand d'expériences lors desquelles la nourriture est effectivement donnée à l'aide du tube de la couleur étudiée. Le premier pas dans cette voie est fait lorsque les *Gobius* viennent regarder exclusivement le tube qui a contenu la nourriture et ne font pas attention à l'autre. Le pas suivant, et c'est alors que je juge l'habitude bien fixée, est fait lorsque le poisson *saute* sur le tube ; il le fait alors d'autant plus rapidement et avec d'autant moins d'hésitations que l'habitude est mieux implantée.

Alors, pour essayer les diverses nuances de la même couleur, je remplace le tube ouvert par un tube fermé, de verre blanc transparent, que je remplis de liquides colorés, plus ou moins étendus d'eau, en commençant par celui dont la teinte se rapproche le plus de celle du verre de couleur employé. Comme tubes de comparaison, plongés à côté de ces tubes de nuances différentes, je me sers de tubes de couleur, également fermés au bout ; ainsi se trouve éliminée l'influence possible de la forme.

Quatre couleurs ont été ainsi expérimentées : le *vert*, le *rouge*, le *bleu* et le *jaune*.

Expériences avec les diverses nuances de la couleur verte.

Expériences 5-10. — Dans un bac où se trouvent deux *Gobius* adultes, quelques jeunes et un certain nombre d'Epinoches, je plonge un tube de verre, de couleur *verte*, transparent, et j'en fais sortir des *Mysis* vivants. Les Epinoches viennent aussitôt ; un des *Gobius* regarde longuement le tube, mais hésite de s'en approcher. Il me faut près de trois quarts d'heure pour l'habituer à l'aspect du tube et le voir attraper une proie. J'interromps alors l'expérience et je la reprends plusieurs heures après. Pendant une heure et demie je fais sortir sans interruption des *Mysis* du tube vert ; le *Gobius* commence à s'habituer à les prendre. Lorsqu'il a fait cela à plusieurs reprises, je laisse passer un quart d'heure encore et je plonge dans l'aquarium le même tube, mais vide. Mon *Gobius*, et aussi un autre individu de la même espèce, montrent une certaine agitation à la vue de ce tube, mais ne se décident pas à venir. Quant aux Epinoches, elles viennent toujours très facilement, qu'il y ait ou qu'il n'y ait pas de proie à attraper.

Le lendemain, je recommence à donner à mes poissons de la nourriture de la même façon. Maintenant les deux *Gobius* viennent facilement happer les *Mysis* lorsqu'elles s'échappent du tube ; l'habitude de manger ainsi paraît donc prise. J'enlève alors le tube et, une heure après, je plonge dans l'aquarium deux tubes vides : le tube vert dont je me suis servi et un tube de verre blanc, opaque. Les Epinoches montrent un mouvement de « curiosité » vers le blanc, mais se rassemblent ensuite d'une façon stable autour du tube vert. Les deux *Gobius* nagent exclusivement autour du tube vert, mais ils ne sont pas encore suffisamment habitués pour sauter sur lui.

Je laisse passer plusieurs heures sans montrer aucune nourriture ; je replonge ensuite les mêmes tubes ; les mouvements observés, tant chez les Epinoches que chez les *Gobius*, sont à peu près les mêmes que précédemment ; je vois, de plus, de jeunes *Gobius* se grouper nettement autour du tube vert. Je juge néanmoins que l'habitude du tube vert n'est pas encore suffisamment établie chez les *Gobius* adultes (dont j'ai surtout en vue l'étude) et je continue à les habituer : je leur donne pour cela à plusieurs reprises, le même jour et le lendemain, des

Mysis à l'aide de ce tube. Les *Gobius* les prennent maintenant facilement. Enfin, une dizaine de minutes après avoir fait, pour la dernière fois, sortir des *Mysis* du tube, je plonge dans l'eau mon tube vert, vide, et à côté, le tube blanc. Un de mes *Gobius* vient plusieurs fois, mais lentement et avec des hésitations, au tube vert. Je donne encore une fois de la nourriture, puis je replonge les deux tubes vides ; le *Gobius* maintenant n'hésite plus : il vient un grand nombre de fois sauter sur le tube vert ; une seule fois je le vois venir dans le voisinage du tube blanc.

Le lendemain, répétition de la même expérience avec les mêmes résultats (nombreuses visites au tube vert), le jour suivant aussi. Je juge alors l'habitude suffisamment prise pour commencer à varier les nuances.

Les solutions qui m'ont servi pour obtenir des nuances du vert ont été faite avec une solution du vert de méthyle à 5 % dans de l'alcool à 95 degrés que j'étendais graduellement avec de l'alcool à 70 degrés. La teinte du tube de verre employé primitivement correspondait à une solution faite avec 10 gouttes de celle à 5 % dans 10 centimètres cubes d'alcool à 70 degrés. Cette solution était diluée de moitié trois fois successivement. A la deuxième fois, elle devenait déjà très claire, à la troisième elle était d'un vert bleuâtre très peu accentué. Les teintes plus foncées que celle du tube étaient obtenues d'abord en prenant la solution à 5 % pure, puis, à un degré plus accentué encore, en versant cette solution dans le tube vert, fermé. Pour cette dernière fois la teinte devenait d'un vert presque noir.

Les tubes de comparaison plongés à côté du tube vert étaient de diverses couleurs : rouge, blanc opaque, noir.

Je ne décrirai pas en détail les cinq expériences faites avec trois nuances plus claires et deux plus foncées que le tube : la marche des expériences et leurs résultats ont été les mêmes pour toutes, sauf la dernière, portant sur la teinte la plus foncée. Chaque fois que je plongeais dans l'aquarium le tube vert et, à côté de lui, un des tubes de comparaison, je constatais un mouvement très net des *Gobius* vers le tube vert, quelle que soit la nuance employée : même la plus claire, très peu accentuée, était accueillie comme connue. Le seuil ne s'est trouvé atteint qu'avec la nuance la plus foncée, voisine du noir : ce tube ayant été plongé à côté d'un autre, rouge, j'ai vu les *Gobius* considérer les deux, mais ne s'approcher d'aucun.

Expériences avec les diverses nuances de la couleur rouge

Ces expériences ont été organisées sur le même plan dont je ne répéterai pas les détails. Pour le *rouge* l'apprentissage m'a paru, chez les *Gobius*, légèrement plus long que pour le vert : il m'a fallu, pour que l'habitude s'établît enfin, quatre jours d'approvisionnement quotidien, pendant lequel je nourrissais les poissons très fréquemment de *Mysis* sortant d'un tube de verre rouge, puis leur montrais le même tube vide et, à côté de lui, un tube vide de couleur différente. Il m'est d'ailleurs impossible de dire si cet apprentissage plus long est dû à quelque impression particulière produite par la couleur rouge, ou bien au fait que les expériences en question constituaient une *deuxième* série, ayant eu pour sujets les mêmes animaux, et qu'une certaine fatigue a pu commencer à naître chez eux.

En même temps que les *Gobius*, un jeune Turbot de 4 à 5 centimètres de longueur, habitant le même aquarium, s'habituaît au tube rouge grâce auquel il arrivait à attraper des *Mysis* en quantité considérable.

Expériences 11-16. — Lorsque, le cinquième jour après le commencement de cette série, j'ai vu mes deux *Gobius*, ainsi que le petit Turbot, venir constamment et facilement vers le tube rouge *seul* lorsque deux tubes vides, un rouge et un autre, d'une couleur non encore employée (bleue), étaient plongés dans l'aquarium, j'en ai conclu que l'habitude et le souvenir de la couleur rouge étaient suffisamment enracinés et que je pouvais commencer l'essai des différentes nuances. Le procédé employé a été le même que pour la couleur verte ; je me suis servie des solutions, plus ou moins étendues, de fuchsine dans l'eau. La couleur du tube de verre rouge correspondait à celle d'une solution saturée à laquelle on ajoute son volume d'eau ; j'ai employé ensuite successivement : 1° une solution saturée étendue de 3 fois son volume d'eau ; 2° la solution précédente additionnée de son volume d'eau ; 3° la solution n° 2 rendue encore une fois moitié plus faible. Pour obtenir des teintes plus foncées que le tube, je me servais de la solution saturée, puis, pour une teinte plus accentuée encore, de la même solution, versée dans le tube de verre rouge. Dans ce dernier cas, j'obtenais une

couleur très foncée, d'un rouge noirâtre. Les cinq teintes différentes (3 plus claires et 2 plus foncées) ainsi essayées ont été parfaitement reconnues par les poissons : lorsque je plongeais à côté d'un de ces tubes tantôt un bleu, tantôt un noir, ils se dirigeaient, les deux tubes étant vides, invariablement vers le tube rouge.

Expériences avec les diverses nuances de la couleur bleue

Ayant essayé pendant quatre jours sans succès d'habituer mes *Gobius* au tube de verre bleu, j'ai laissé de côté ces deux individus qui étaient probablement fatigués par les expériences précédentes et ne réagissaient plus pour cette raison, et je me suis adressée à quelques *Gobius* (quatre, pris dans un autre aquarium. Le même jour, je les ai vus commencer à ne plus craindre le tube et à attraper plus ou moins facilement les *Mysis* qui en sortaient. Ce tube, il faut le remarquer, était d'un bleu très foncé, non transparent, de sorte que les *Mysis* n'étaient pas visibles avant leur sortie ; cela rendait l'apprentissage plus difficile, car ces poissons ne poursuivent généralement leur proie qu'en tant qu'elle remue ; lorsque les *Mysis* montent et descendent dans le tube de verre, elles attirent l'attention des poissons qui restent longtemps à les regarder et à essayer de les saisir, mais si la proie n'est visible qu'au moment où elle sort (car ensuite les *Mysis* disparaissent instantanément dans le sable), il ne reste que ce seul instant aux *Gobius* pour s'habituer à associer la perception de cette nourriture avec le tube bleu. Malgré cela, le deuxième jour je vois deux de mes *Gobius* neufs venir attraper sans hésitation les *Mysis* s'échappant de ce tube ; quelques instants après, ce tube, maintenant vide, étant plongé à côté d'un tube vert, je vois les *Gobius* venir directement vers le premier. Le souvenir est cependant mal implanté encore, car, lorsque je répète cette expérience plusieurs heures après, je remarque des hésitations entre les deux tubes vides, le bleu et le vert. Chose curieuse, si à côté du tube bleu, je plonge non pas un tube vert, mais un tube jaune, ces hésitations cessent et les poissons se dirigent vers le tube bleu. Je suppose qu'ils ont bien à ce moment le souvenir d'une couleur associée à celui de la nourriture, mais ce souvenir n'est pas très net encore et lorsqu'une couleur voisine, comme le

vert, se présente, ils les confondent dans leur mémoire, tandis qu'en présence du jaune ils voient nettement quelle est la couleur nouvelle et inconnue. Ce qui me confirme dans cette supposition, c'est que, après avoir plusieurs fois encore attrappé des *Mysis* sortant du tube bleu et après avoir plusieurs fois vu le tube bleu et le tube vert à côté l'un de l'autre, mes deux *Gobius* (surtout l'un d'entre eux) commencent à distinguer entre ces deux tubes également. Le degré de cette habitude subit des oscillations, les *Gobius* tantôt reconnaissant, tantôt ne reconnaissant pas le tube bleu vide, placé à côté du tube vert et aussi du rouge. Quelques *Gobius* jeunes semblent apprendre à le reconnaître plus facilement que les adultes. Cela dure ainsi pendant cinq jours : cette durée m'apparaît comme beaucoup trop longue comparativement au temps qu'exige habituellement la formation des habitudes chez ces poissons et j'abandonne ces individus réfractaires qui me donneraient, même si je réussissais à la fin à obtenir quelque établissement du souvenir, des résultats trop peu comparables aux autres. Il est possible que leur résistance doive être attribuée au fait qu'ils séjournent depuis plusieurs semaines au Laboratoire. Il se peut aussi qu'il s'agisse d'individus par nature particulièrement difficile à habituer. Quoi qu'il en soit, je m'adresse à un autre lot de poissons, apportés de la grève depuis plusieurs jours et sur lesquels une expérience analogue vient d'être faite avec le tube jaune (voir plus loin). Cette expérience les ayant montrés très sensibles, je les prends pour répéter mes essais de tube bleu.

Expériences 17-21. — L'habitude vis-à-vis du tube bleu s'établit cette fois assez rapidement. Le même jour où je commence l'expérience, j'ai vu trois *Gobius* adultes et quelques jeunes (3 ou 4) attraper sans hésitations les *Mysis* s'échappant du tube. Le lendemain, ils viennent facilement vers le tube bleu, vide, et le reconnaissent quand je plonge à côté de lui un tube rouge, vide également. J'entreprends alors l'essai des nuances. La solution s'approchant le plus de la couleur de mon tube de verre était celle d'une solution saturée de bleu de Prusse étendue de 3 fois son volume d'eau. Je dilue cette première solution de moitié 4 fois successivement, la dernière des solutions obtenues étant à peine teintée de bleu. Chaque fois, les *Gobius* choisissent les tubes à solutions bleues lorsque ces

tubes sont placés à côté d'un tube rouge. Ils sont à ce moment au nombre de 4 adultes et 4 jeunes et viennent à peu près également à tous les tubes bleus, quelle que soit leur nuance.

Expériences avec les diverses nuances de la couleur jaune

Expériences 22-27. — Ces expériences ont été très faciles à réaliser. Les poissons, récemment apportés de la mer les mêmes qui, ensuite, m'ont servi pour les expériences sur la couleur bleue, ont commencé, dès le premier jour, à prendre la nourriture à l'aide du tube jaune. Il faut dire que le tube de verre dont je me servais était d'un jaune rougeâtre bien éclatant et transparent: la nourriture y était très visible et le tube lui-même était bien apparent dans l'eau. Le troisième jour, les poissons commencent à s'approcher du même tube, plongé à vide. Le quatrième jour, ils viennent résolument vers lui lorsqu'il est plongé, vide, à côté d'un tube vert. Je commence alors l'essai des solutions.

Le tube de verre employé est de la nuance de l'acide chromique à 2 %; j'essaye des dilutions successives par moitié, au nombre de quatre, dont la dernière, qui est de l'acide chromique à 1/8 % est très claire; néanmoins, comme pour toutes les précédentes, 3 de mes *Gobius* (2 grands et 1 petit) viennent vers le tube qui la contient sans faire attention au tube vert plongé à côté. J'obtiens une nuance plus foncée que la nuance originale en versant de l'acide chromique à 2 % dans un tube de verre jaune de cette couleur; cette nuance tire sur le brun. Les *Gobius* manifestent cette fois encore un mouvement vers le tube *jaune*, mais ce mouvement est moins marqué que pour les nuances claires (le même fait a déjà été constaté pour le vert).

Ces expériences sur la reconnaissance des couleurs, aussi bien celles faites avec la méthode des pincées colorées que celles avec les tubes colorés, permettent de conclure que *les Gobius peuvent distinguer les couleurs et les retenir dans leur mémoire (du moins les couleurs employées : le rouge, le bleu, le vert et le jaune)*. Le temps approximatif nécessaire pour que la connaissance et l'habitude d'une couleur s'établissent s'est montré, dans mes expériences, de trois à cinq jours; la durée pendant

laquelle le souvenir persiste (ou du moins, se manifeste comme persistant) a été de sept à treize jours.

Les expériences de nuances poursuivaient un but double. Elles tendaient à montrer jusqu'à quel point ces poissons sont capables de reconnaître et de se rappeler ce qu'il y a de commun dans les nuances différentes d'une même couleur ; elles devaient en même temps fournir des indications sur la question de savoir si ce que les poissons voient dans la couleur est bien son caractère spécifique ou simplement un certain degré d'éclairement. Le fait que les nuances différentes, dont certaines très claires et d'autres foncées, leur rappelaient au même titre leur expérience passée de prise de nourriture, bien que le degré d'éclairement correspondant devait être très différent, me paraît indiquer que la différence perçue est bien une différence de couleur.

D'ailleurs, je dois faire remarquer, d'une façon générale, que mon but n'a pas été d'analyser exactement le contenu physiologique des sensations visuelles des poissons, mais de montrer le côté psychologique de la question. A ce point de vue, les conclusions relatives à la mémoire ne changent pas, que la perception retenue soit celle de la couleur ou celle du degré relatif d'éclairement. Cependant, je dois dire que toutes mes expériences penchent en faveur de la discrimination des couleurs. Cette conclusion découle en particulier des expériences sur l'action des fonds colorés sur les alevins de *Lepadogaster* et de *Gobius* dont il sera question dans une autre partie de ce travail.

II. — JEUNES PLIES

Les expériences sur ces poissons ont été faites avec les mêmes méthodes que pour les *Gobius* : pinces colorées et tubes de verre de couleur. Les jeunes Plies étaient du même âge approximatif que celles qui m'ont servi pour observer la mémoire topographique. A l'exception d'un Turbot (*Rhombus maximus*), elles appartenaient à l'espèce *Pleuronectes platessa* L.

Expérience 1. — Dans un aquarium où demeurent plusieurs petites Plies, je plonge une pince teinte en rouge et tenant une proie, une *Mysis*. Une des Plies vient immédiatement la saisir. Je plonge une seconde fois la même pince avec une proie, pour mieux habituer le poisson, et à côté une pince vide, teinte en bleu. La plie saisit la proie encore une fois. Je retire alors

les pinces et, quelques minutes après, je les plonge, toutes les deux vides, dans une autre région du bassin (cela pour éliminer le souvenir topographique possible). Le poisson vient immédiatement vers la pince *rouge*, saute sur elle à plusieurs reprises, heurte son extrémité de son museau, avec beaucoup d'insistance. Enfin, n'obtenant rien, il se dirige vers la pince bleue, l'examine, saute sur elle une fois, puis s'éloigne définitivement.

Cette expérience m'a montré que la différence de couleurs était ici perçue et retenue par la mémoire. Le mouvement vers la pince bleue m'a fait penser de plus à une perception de la *forme* des objets (voir plus loin).

Expérience 2. — Cette expérience a été faite sur le même plan, mais avec les pinces verte et bleue, en vue de constater si les Plies saisissent cette différence de coloration, moins sail-lante qu'entre le rouge et le bleu.

Je donne à ma petite Plie une proie au bout d'une pince *verte* ; quelques instants après, je plonge dans le bassin deux pinces, la pince verte et une autre, bleue, toutes les deux dans un endroit nouveau ; la Plie se dirige vers la pince verte 4 fois sur 5 la première fois et 9 fois sur 10 à la répétition suivante de l'expérience.

Ces deux expériences ont été répétées par moi un grand nombre de fois et sur des individus très différents par leur âge, toujours avec les mêmes résultats. Elles établissent l'existence, chez ces poissons, d'une discrimination de couleurs, mais ne donnent pas d'indications sur la durée de la persistance du souvenir.

L'expérience suivante fournit quelques renseignements à cet égard. Elle a été faite non pas à l'aide de pinces colorées, mais à l'aide de tubes de verre de couleur.

Expérience 3. — Un jeune Turbot, de 3 centimètres de longueur à peu près, habitant le même aquarium que les *Gobius* sur lesquels j'ai expérimenté les nuances du vert et du rouge, s'est montré dès le début très sensible et a manifesté la même discrimination de ces deux couleurs que les *Gobius*. Ce Turbot ayant été, ainsi, l'objet d'expériences exactement semblables à celles sur les *Gobius*, je ne reviendrai pas sur leur détail (tubes

de verre coloré, diverses nuances obtenues au moyen de solutions, etc.). Le Turbot a appris, comme les *Gobius* et dans le même délai (1 jour), à prendre la proie qui s'échappait du tube de verre rouge et à distinguer ce dernier d'un tube vert ou bleu. De même, il distinguait successivement toutes les nuances du rouge employées, allant toujours, comme les *Gobius*, vers le tube rouge de préférence aux tubes d'autres couleurs, lorsque les uns et les autres étaient plongés vides. Lorsque je juge l'habitude du rouge bien prise, je laisse s'écouler trois jours, depuis la dernière prise de nourriture au moyen du tube rouge; le quatrième jour, je plonge dans l'aquarium deux tubes vides : le rouge et un tube vert, et je constate un mouvement très net vers le rouge. Le lendemain, sans avoir donné de la nourriture dans l'intervalle, je plonge dans l'aquarium le tube rouge, vide, et, à côté, le tube vert; je remarque que la présence des tubes excite l'animal; il esquisse un léger mouvement vers le tube rouge, mais ne va pas dans sa direction. Le jour suivant, les mouvements observés à l'égard des deux tubes ne se distinguent plus guère entre eux. La durée du souvenir de couleur est apparue ici comme étant de cinq jours ¹.

Je conclus de ces expériences que *les Plies*, comme les *Gobius*,

1. Une autre expérience, faite sur une Plie d'une autre espèce, *Pleuronectes platessa* m'a donné une durée plus longue, si longue que je suis obligée de faire des réserves à ce sujet, le délai me paraissant dépasser tout ce que j'ai pu constater chez mes autres Poissons. Cette différence ne peut s'expliquer que de deux façons : ou bien, dans mes autres expériences, c'est moins l'oubli qu'une certaine indifférence, résultat soit d'une fatigue, soit de la nouvelle expérience contraire, qui était cause de la disparition de la réaction, et alors l'individu considéré dans cette dernière expérience était particulièrement réfractaire à ces nouvelles impressions; ou bien le résultat obtenu sur lui doit être attribué au hasard. Je crois devoir néanmoins citer cette expérience.

Après avoir donné à une petite Plie une proie à l'extrémité d'une pince rouge, j'ai plongé vingt-quatre heures après dans le bassin deux pinces vides : la rouge et une bleue; le poisson est venu sans hésitation vers la rouge. J'ai laissé écouler quatre jours encore sans donner de nourriture avec la pince dans l'intervalle; le cinquième jour (6^e depuis le début de l'expérience), lorsque les deux pinces vides étaient plongées, la Plie a immédiatement choisi la rouge. J'ai cru alors l'expérience terminée, car à ce moment mon but était non l'observation de la durée du souvenir, mais la constatation de la discrimination de couleurs et de leur rétention par la mémoire. De plus, je ne supposais pas la durée devoir dépasser quelques jours. Donc, pendant quatre semaines, je ne me suis pas occupée de cette Plie. Passé ce temps l'idée m'est venue d'essayer de plonger les deux pinces : la rouge et la bleue, vides. J'ai vu la Plie se diriger immédiatement vers la première.

A mon grand regret, les circonstances ne m'ont pas permis de continuer mes expériences sur cette Plie et de trouver une explication de ce fait exceptionnel.

sont capables de distinguer les couleurs (au moins celles employées) et de les retenir dans la mémoire.

III. — ÉPINOCHES

Contrairement aux autres poissons étudiés, les Epinoches montrent une sensibilité assez marquée pour la couleur de leur entourage, même si elle n'est pas associée à la nourriture ; cette propriété m'a permis d'employer, pour constater leur aptitude à distinguer les couleurs, la méthode des fonds colorés ; mais ces expériences ne fournissant aucune indication relativement à la mémoire, j'en parlerai dans une autre partie de ce travail, consacrée à l'action des fonds colorés, et je ne rendrai compte ici que des expériences faites au moyen des pinces colorées. Elles avaient pour seul but de voir si les résultats seraient conformes à ceux obtenus sur les autres poissons ; elles ont donc été moins nombreuses et faites avec quelques couleurs seulement, sans faire intervenir la question des nuances. D'ailleurs, je ne rapporte ici que les quelques expériences où la perception et le souvenir de la couleur ont été étudiés *indépendamment de ceux de la forme*. Celles où la perception de la couleur est étudiée parallèlement à celle de la forme ont été placées dans un des chapitres suivants de ce travail. C'est là également que se trouvent les indications que j'ai pu obtenir relativement à la durée de la persistance, chez les Epinoches, du souvenir portant sur la couleur.

Expérience 1. — Dans un bac qui contient une trentaine d'Épinoches, je plonge une pince *rouge* tenant une proie, une *Mysis*, et je répète cela un grand nombre de fois pour que le plus grand nombre possible de poissons s'habituent à la nourriture reçue ainsi. Quand je juge que la plupart ont eu leur part de nourriture, je plonge deux pinces vides : la même pince rouge et une autre, verte. Un mouvement de « curiosité » se dessine d'abord vers la pince nouvelle et, dans les premiers moments, le nombre d'Epinoches est sensiblement égal autour des deux ; ensuite un rassemblement très net se forme autour de la pince rouge. Cette pince est donc bien reconnue à sa couleur. Pour m'assurer que le résultat n'est pas dû à l'attraction exercée par la couleur rouge ¹, je mets cette attraction en con-

1. Voir, pour cette attraction, la II^e partie de ce travail.

flit avec le lien associatif que je suppose pouvoir se former entre la perception de la prise de la nourriture et celle de la couleur.

Expérience 2. — Pour cela, un autre lot d'Epinoches a été habitué à attraper des proies au bout d'une pince non-teinte, de couleur sensiblement noirâtre. Le lendemain du jour où elles ont pour la première fois reçu de la nourriture de cette façon, je plonge dans l'aquarium cette même pince vide et, à côté d'elle, une pince rouge. Les Epinoches se dirigent nettement vers la pince noire, malgré deux causes qui pourraient produire un mouvement contraire : la curiosité pour la pince nouvelle et l'attraction exercée par la couleur rouge.

Expérience 3. — Dans cette expérience il s'agit de la reconnaissance de la couleur *jaune* ; j'y trouve aussi une indication sur la durée du souvenir. Je donne à mes Epinoches l'habitude de manger des *Mysis* présentées sur une pince teinte en jaune. Trois jours après, je plonge la même pince jaune et, à côté, une pince rouge. Les poissons viennent notablement plus nombreux vers la *jaune*, la heurtant, tandis qu'ils se bornent à examiner la rouge, mais s'éloignent sans la toucher. Je répète l'expérience une seconde fois, à quelques minutes d'intervalle, et je vois la prépondérance pour la jaune encore plus marquée, peut-être parce que la curiosité que le rouge éveillait a disparu.

Je peux conclure de ces expériences que les Epinoches, de même que les *Gobius* et les jeunes Plies, possèdent l'aptitude à distinguer les couleurs (du moins les couleurs employées) et que le souvenir de la couleur peut persister chez elles pendant un certain temps, quelques jours au moins.

II. — DISCRIMINATION ET MÉMOIRE DE LA FORME

La couleur des objets est donc un des éléments dont se compose pour les Poissons la connaissance de ce qui les entoure. Un autre élément de cette connaissance est fourni par la *forme* des objets.

Les études sur la discrimination de la *forme* par les animaux sont peu nombreuses et peu précises. Un petit nombre ont porté

sur la discrimination par le toucher, mais c'est une question d'un tout autre ordre que la discrimination par la vue, dont il est question ici. Il est possible cependant que la perception de la forme des objets (et aussi le souvenir correspondant) domine même la perception de la couleur; mes expériences me semblent l'indiquer, et il en est de même chez les Vertébrés supérieurs: les expériences faites au laboratoire de Pawlow ont fait conclure que le chien ne peut pas distinguer les couleurs, mais dans les mêmes expériences on a, par contre, souvent utilisé sa perception de la forme. Sans aller si loin, on peut supposer que, si même la discrimination des couleurs existe chez cet animal, celle de la forme est mieux développée et le souvenir de la forme plus facile à établir à titre de réflexe conditionnel.

Pour étudier la perception et le souvenir de la forme, il faut les dissocier expérimentalement de ceux de la couleur; on peut, pour cela, soit apprendre à l'animal à reconnaître entre deux objets *de même couleur*, connue ou inconnue de lui, mais de *forme différente*, soit mettre les deux notions en conflit, en montrant à l'animal d'une part un objet de *couleur connue*, mais de *forme nouvelle*, de l'autre, un objet de *forme connue*, mais de *couleur nouvelle*, et en observant quel sera celui qu'il reconnaîtra plus facilement. La première méthode permet d'isoler la notion de la forme et de constater son existence. La seconde sert pour comparer l'importance de cette notion à celle de la couleur.

J'exposerai d'abord les expériences faites avec la première méthode, pour passer ensuite à la seconde.

1° Objets de même couleur et de forme différente

I. — *Gobi* *MINUTUS*

Certaines observations faites lors de mes expériences sur la perception des couleurs par les jeunes *Gobius* m'ont fait penser que la notion de la forme d'un objet existait à côté de la notion de sa couleur. Ainsi, lorsqu'un objet d'une certaine couleur est devenu familier et associé à la nourriture, sa couleur, même associée à un objet de forme différente, exerce, comme nous l'avons vu (*Exp. 4* de cette série) l'attraction caractéristique;

mais cette attraction est plus forte si à la couleur identique une forme identique est associée. Tel a été le cas dans l'expérience citée, lorsque les jeunes poissons cessaient, au bout de vingt-quatre heures, de réagir à la vue de la couleur verte (primitivement associée à la nourriture donnée sur une pince verte), mais se laissaient de nouveau attirer, vingt-quatre heures après encore, par la même couleur verte apparue sous la forme d'une *pince* verte.

Les expériences suivantes ont montré cette existence de la notion de la forme d'une façon plus directe.

Expérience 1. — Dans un bac se trouvent un *Gobius* adulte et un certain nombre de jeunes, habitués à recevoir de la nourriture au bout d'une *pince* verte. Six jours après la dernière prise de la nourriture donnée ainsi, je plonge dans l'eau deux objets : une pince et une petite lame allongée, rectangulaire, en verre, teintes toutes les deux d'une couleur inconnue aux poissons : en jaune. Je vois le *Gobius* adulte venir plusieurs fois, sans aucune hésitation, à la pince, se précipiter sur elle avec acharnement, la mordre ; la lame rectangulaire n'attire pas du tout son attention. Ces mouvements, très nets, se répètent plusieurs fois, quel que soit le point de l'aquarium où je transporte les deux objets.

Chez les jeunes, je constate de même, dès que je plonge la planchette de verre et la pince, un très sensible mouvement vers la pince : en l'espace de quelques minutes, elle reçoit 36 visites et la planchette 4 seulement.

Je retire les deux objets et je les replonge dans l'eau quelques minutes après. Les visites des jeunes à la pince sont si nombreuses que je ne les compte plus ; quant au *Gobius* adulte, il y a probablement une contre-expérience acquise, car il vient regarder la pince de très près, mais ne la saisit plus, gardant sans doute le souvenir de son insuccès. Mais, comme précédemment, il ne fait aucune attention à la planchette plongée en même temps.

Je reprends l'expérience le lendemain, avec les mêmes objets. Le *Gobius* adulte garde probablement le souvenir de l'inutilité de ses tentatives, car il regarde de loin les objets plongés et ne vient pas. Les jeunes viennent vers la *pince*, comme la veille ; sur vingt visites faites aux deux objets, trois seulement sont pour la planchette, et encore aucun poisson ne vient se

heurter contre elle, tandis que la pince est souvent saisie et mordue.

Cette expérience montre qu'un objet peut être reconnu par les *Gobius* à sa forme, même lorsque sa couleur ne peut rien leur rappeler.

Pour voir jusqu'où peut aller la reconnaissance de la forme,

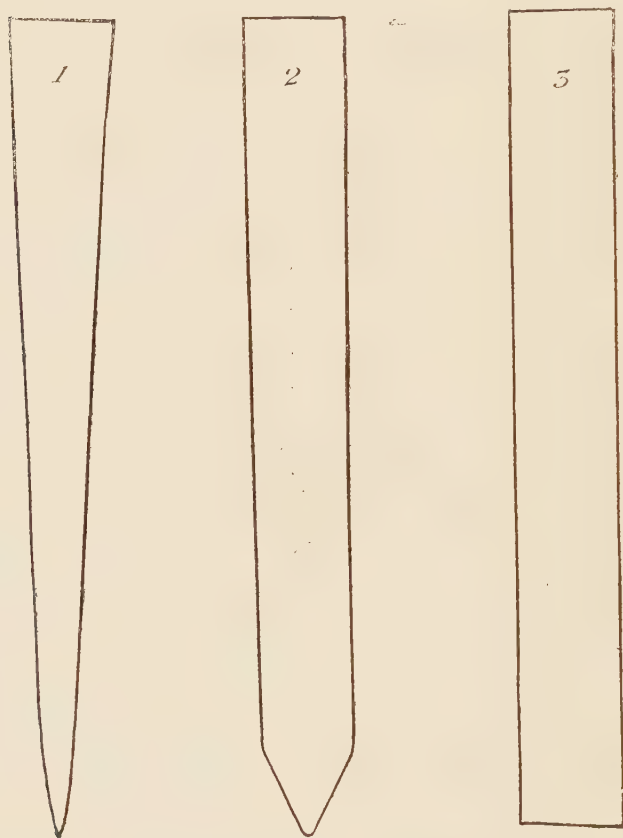


FIG. 11. — Lamelles de verre de formes différentes, de couleur verte.

je fais l'expérience suivante. Je fais tailler en verre et teindre de la même couleur verte deux objets : un triangle allongé ayant la même base que la partie la plus large de ma pince et la même longueur, c'est-à-dire représentant assez fidèlement l'aspect d'un pince fermée (fig. 11, 1) et un rectangle très allongé ayant la même largeur que la base de cette « pince »

la même longueur que lui et terminée à l'extrémité par un triangle (fig. 11, 2).

Expérience 2. — Cinq jours après avoir donné des proies à l'extrémité d'une pince verte à deux *Gobius* adultes et un certain nombre de jeunes, habitués à prendre leur nourriture de cette façon, je leur présente les deux objets: celui reproduisant la forme de la pince et le rectangle terminé par un triangle. Les deux *Gobius* viennent indistinctement et à plusieurs reprises aux deux objets ; de même, les jeunes ne montrent aucune différence dans le nombre de visites faites aux deux.

Je les retire, alors et je plonge, quelques instants après, l'objet imitant la forme de pince et, à côté, une lame rectangulaire allongée, en verre également et de la même couleur (fig. 11, 3). Les deux *Gobius* adultes et quelques jeunes viennent aussitôt heurter celle des deux lames de verre qui est taillée en forme de pince fermée. Un des *Gobius* regarde aussi la lame rectangulaire, mais ne s'en approche pas ; les autres n'y font aucune attention.

Cette expérience paraît indiquer que la reconnaissance de la forme ne va pas très loin chez ces poissons et que, dans l'aspect de la pince, le caractère auquel ils soient sensibles est surtout l'existence d'une pointe, beaucoup plus que la forme générale de l'objet tout entier ou la forme de cette pointe même.

Expérience 3. — Pour voir si le souvenir de la forme dure, deux jours après et sans avoir donné de la nourriture dans l'intervalle, je plonge dans le même bac la lame de verre taillée en pince et la lame rectangulaire. Un des *Gobius* adultes vient heurter la première ; plusieurs jeunes viennent tourner autour d'elle. Aucun poisson, par contre, ne vient à la lame rectangulaire. Le souvenir persiste donc. *

Je conclus de ces expériences, que j'ai répétées ensuite avec une autre série d'objets de mêmes formes, mais teints en jaune, que les *Gobius* sont capables de reconnaître la forme des objets et en garder le souvenir pendant plusieurs jours au moins.

II. — EPINOCHES

Expérience 1. — Une dizaine d'Epinoches, bien acclimatées dans une cuvette, sont habituées à recevoir leur nourriture à l'extrémité d'une pince. Cette pince est toute rouillée, d'une couleur noirâtre. Après leur avoir donné quelques *Mysis*, je plonge dans l'aquarium cette pince, vide, et, à côté, un objet de forme différente, mais qui a sensiblement la même couleur : un tube de verre noir. La couleur est donc la même, une couleur connue ; la forme seule diffère. Les Epinoches viennent examiner les deux objets, puis se groupent toutes autour de la pince. Cela me donne une première indication en faveur de la reconnaissance de la forme.

Expérience 2. — Dans l'expérience suivante, faite avec le même lot d'Epinoches habituées à associer la pince noire avec la perception de la nourriture, je présente aux poissons, après leur avoir donné des *Mysis* de la façon habituelle, deux objets, d'une couleur inconnue pour elles et dont l'un rappelle une forme connue : la lame de verre taillée en forme de pince fermée et la lame rectangulaire, déjà employées pour les expériences avec le *Gobius* (N^{os} 1 et 3 de la fig. 11), toutes les deux de couleur verte. La grande majorité des Epinoches vient immédiatement se grouper autour de la première.

Expérience 3. — Pour voir si le souvenir de la forme persiste, trois jours après avoir donné aux Epinoches de la nourriture au bout de la pince noire, je plonge dans le bassin les deux objets indiqués dans l'expérience précédente. Les poissons viennent d'une façon très nette se grouper autour de celui qui rappelle la forme de la pince. Le souvenir persiste donc nettement à ce moment. Cette indication, d'ailleurs, ne sert ici qu'à confirmer le fait d'une association plus ou moins durable, car les limites de la durée du souvenir relatif à la forme ont été étudiées dans une autre expérience, parallèlement à la durée du souvenir de la couleur.

Expérience 4. — Cette expérience et la suivante ont été faites sur un autre lot de poissons ; elles ont donné les mêmes résul-

tats. J'habitue mes poissons à prendre de la nourriture à l'extrémité d'une *pince* peinte en *rouge*. Un quart d'heure après une de ces prises de nourriture, je plonge dans l'eau deux objets d'une couleur nouvelle pour les poissons, mais la même pour les deux objets : un *tube* de verre noir et la *pince* noire qui m'a déjà servi dans l'expérience précédente. Je constate un rassemblement beaucoup plus marqué autour de la pince qu'autour du tube.

Expérience 5. — Deux jours après, sans avoir donné de nouvelle nourriture à l'extrémité de la pince, je plonge dans le bassin deux objets peints en une couleur nouvelle, la même pour les deux : les objets verts N° 1 et N° 3 de l'*Expérience 3* (fig. 11). Le rassemblement des Epinoches est maintenant très marqué autour de la forme N° 1, imitant la pince.

Ces expériences m'ont montré que les Epinoches sont capables de percevoir la forme des objets, notamment de distinguer un objet terminé en pointe, comme une pince, d'un objet rectangulaire, et que le souvenir de ces différences peut se manifester chez elles pendant trois jours au moins. J'ai voulu voir ensuite jusqu'où peut aller cette discrimination de la forme : si, par exemple, ces poissons sont capables de distinguer entre des objets également amincis vers l'extrémité, mais se terminant là de façon différente.

J'ai découpé pour cela dans une mince lame de fer blanc plusieurs objets que j'ai tous teint en même couleur, en jaune, et qui offraient comme forme les variations suivantes : 1° Une lame plane rectangulaire de même forme que la lame 3 des expériences précédentes (fig. 11, 3); 2° un triangle imitant la pince fermée forme N° 1 de la fig. 11; 3° une lame de la même longueur et de la même largeur que la lame rectangulaire, mais bifurquée à son extrémité de façon à former deux pointes (fig. 12, 4).

Voici les expériences relatives à cette question.

Expérience 6. — Le même lot d'Epinoches (une dizaine) m'a servi ici. Mon but ayant été uniquement d'étudier la notion de la forme, le conflit possible entre le souvenir de la couleur précédemment connue (celle de la pince noire) et la couleur nouvelle ne pouvait offrir d'inconvénients pour moi. J'habitue donc ces poissons à attraper des *Mysis* à l'extrémité d'une *pince* peinte

en *jaune*, et, quelques minutes après une de ces prises de nourriture, je plonge dans le bassin cette même pince vide, ayant étant fermée, la forme 1 de la figure 11, et à côté la forme bifurquée 4 (fig. 12). Toutes les Epinoches (elles sont 8 à ce moment) viennent vers la *pince*, en négligeant la forme *d*. Cela me montre qu'entre une *extrémité effilée* et une extrémité terminée en *deux pointes effilées*, la différence est saisie.



FIG. 12. — Lamelles en fer blanc, de formes différentes, de couleur jaune.

Expérience 7. — Cette expérience avait pour but de voir l'impression produite par la forme bifurquée, comparée non plus avec celle rappelant une pince plus exactement, mais avec celle ne la rappelant pas du tout. Après avoir laissé écouler un certain temps, je présente donc à mes poissons la forme rectangulaire 1 et la forme 4 ; ils viennent sans hésitation vers la forme 4,

bifurquée. Donc, placée à côté de la forme rectangulaire, la forme à deux pointes est reconnue comme celle qui s'associe à la nourriture, c'est-à-dire la forme de la pince.

Des expériences analogues ont été faites sur un autre lot d'Epinoches, où elles étaient plus nombreuses (une trentaine), placées dans un aquarium plus vaste et permettant par conséquent des expériences plus nombreuses et plus complètes. Aux trois formes d'objets déjà décrits j'en ai ajouté ici deux autres encore : un triangle de même longueur et de même base que la pince fermée, mais terminé à son sommet par un disque circulaire (fig. 12, 5) et un triangle semblable, mais terminé, au lieu d'un disque à bords lisses, par une sorte de roue dentée, d'étoile (fig. 12, 6).

Expérience 8. — Après avoir donné à mes Epinoches (habitues à recevoir de la nourriture de cette façon) quelques *Mysis* à l'extrémité d'une *pince jaune*, je plonge dans l'aquarium cette pince vide et, à côté la forme 1, jaune également. Les Epinoches vont très nettement vers la *pince*. Cette expérience n'est qu'une répétition d'une autre déjà décrite et faite sur un autre lot de poissons, pour laquelle je me suis servie d'objets de même forme de couleur verte (*Exp. 2*); mais elle a son importance ici comme faisant partie d'une série qui, toute, a été exécutée sur des poissons pris dans les mêmes conditions, dans les mêmes dispositions et en une même séance. Cette expérience m'a montré encore une fois l'aptitude de ces poissons à distinguer entre une forme *effilée* au bout et une forme *rectangulaire*.

Expérience 9. — Il s'agit ici d'établir la discrimination entre la forme à une *pointe* (forme de pince fermée) et celle à deux *pointes*. Pour cela, quelques minutes après la dernière prise de nourriture, je plonge dans l'aquarium la pince jaune vide et la forme 4. De toutes les Epinoches, deux ou trois seulement viennent vers cette dernière, les autres se dirigent d'abord vers la pince, puis viennent examiner les deux objets, enfin se groupent définitivement autour de la pince qu'elles heurtent fréquemment. Donc, la différence entre les deux formes est nettement reconnue.

Expérience 10. — La forme 4, à deux pointes, étant apparue aux Epinoches dans l'expérience précédente comme une forme

inconnue, je me demande si elle produira la même impression lorsqu'elle sera présentée non plus à côté de la pince, mais d'une forme n'ayant aucune pointe. Quelques instants après, je plonge donc dans l'aquarium la forme 4 et, à côté, la lamelle rectangulaire 3. Quelques Epinoches viennent à cette dernière, l'examinent de loin, mais sans la toucher. Le plus grand nombre va à la forme 4; cette dernière est fréquemment heurtée par les poissons, qui se chassent l'un l'autre pour mieux s'en approcher. Donc, la forme bifurquée 4 leur rappelle la pince, tandis que la forme rectangulaire leur apparaît comme inconnue.

Expérience 11. — Après avoir, comme précédemment, donné aux Epinoches des *Mysis* à l'extrémité de la pince jaune, je plonge dans l'aquarium la forme 1 imitant la pince et la forme 5, terminée par une disque arrondie. Les Epinoches viennent en très grande majorité vers 1; de plus, c'est le seul objet qui les attire suffisamment pour qu'elles le heurtent : mêmes les poissons qui s'approchent de la forme 5 ne font que l'examiner à distance. L'extrémité *pointue* est donc bien distinguée ici d'une extrémité *arrondie*.

Expérience 12. — Je compare maintenant, toujours après avoir donné de la nourriture avec la pince jaune, le disque arrondi et le disque en forme d'étoile (5 et 6), en les plongeant à côté l'un de l'autre. Je ne constate cette fois aucune différence notable dans le nombre des poissons qui s'approchent des deux objets; la différence de forme est probablement insuffisamment accentuée pour eux, à moins que toutes les deux n'apparaissent comme trop éloignées de la forme « pince » pour la leur rappeler.

Ces expériences sur la reconnaissance de la forme chez les Epinoches amènent à conclure que :

1° Ces poissons sont capables de distinguer la forme des objets indépendamment de leur couleur.

2° Ils sont capables de distinguer une *extrémité carrée* d'une *extrémité pointue*, cette dernière se rattachant pour eux à la forme de la pince, associée avec la perception de la nourriture. Ainsi, entre une lame rectangulaire et une lame bifurquée, cette dernière présentant des pointes, ils choisissent les *pointes*; de même entre une forme pointue et une forme terminée par un disque arrondi.

3° Ils sont capables de percevoir les différences entre les

pointes, car ils choisissent entre la *pointe unique* de la pince et les *deux pointes* de la lame bifurquée, la première forme les attirant davantage ;

4. La dernière des expériences exposées suggère l'idée que la notion de la pince n'est pas liée à la perception de la pointe seulement, mais à la forme générale de l'objet : l'extrémité de l'objet 6, à cinq pointes, ne rappelant pas plus la pince que l'extrémité arrondie de la forme 3, aucun de ces objets n'attire les Epinoches, malgré la présence des pointes. La même conclusion peut être tirée de la comparaison entre un objet à pointe simple et le même objet à pointe bifurquée, le premier étant préféré.

2° Expériences comparatives sur le souvenir des couleurs et celui des formes

La prépondérance de l'un ou de l'autre de ces souvenirs chez les poissons peut être établie par la considération de leur durée relative, en les mettant en conflit entre eux. Mais une conclusion sur cette question ne peut être tirée que d'expériences ayant duré plusieurs jours, c'est-à-dire un temps suffisamment long pour que le souvenir soit bien implanté. Si l'on procède aux expériences *immédiatement après* la prise de la nourriture qui sert à établir l'association désirée, on risque d'obtenir des résultats contradictoires.

Dans certains cas, pendant que j'habituais des *Gobius* à l'aspect d'un tube coloré (voir les expériences sur la distinction des nuances, il m'arrivait de constater que les poissons apprennent à connaître la forme du tube avant de connaître la couleur. Sur deux lots différents de *Gobius* que j'habituais à la couleur bleue, j'ai pu constater que les différents individus venaient sans distinction sur des tubes bleu, vert ou rouge, tandis qu'ils ne venaient pas vers d'autres objets. Cela s'observait tant que le souvenir de la couleur n'était pas suffisamment implanté par la répétition. Dans d'autres cas, toujours au moment où aucune habitude stable n'existait encore, j'ai fait l'observation opposée, ou bien j'ai obtenu des résultats peu nets.

Expérience 1. — Après avoir donné plusieurs fois aux mêmes *Gobius* qui m'ont servi dans les Expériences 2 à 4 de la série ayant trait à la discrimination des couleurs, des *Mysis* à l'extrémité de la *pince verte*, quatre jours après la prise de nourriture

de cette façon, je plonge dans le bac deux objets : une *pince rouge* et la petite *lame rectangulaire verte* N° 3 (fig. 11). Les *Gobius* viennent cette première fois considérer la pince, mais ne sautent sur aucun des deux objets ; l'un d'eux s'approche une fois de la lame N° 3. La fois suivante, l'expérience étant répétée une heure après, un des *Gobius* vient tout près de la pince rouge, mais sans sauter sur elle ; la lame rectangulaire est seulement regardée de loin. Cette expérience n'indique aucune prépondérance nette, à moins de considérer comme telle l'attention plus grande accordée à l'objet de forme connue (pince). L'expérience suivante parle en sens contraire.

Expérience 2. — Après avoir donné aux mêmes poissons quelques *Mysis* à l'extrémité de la *pince verte*, je plonge dans le bac, immédiatement après, la pince rouge et la lame rectangulaire verte. Un des *Gobius* s'approche de la lame rectangulaire, suivi bientôt par l'autre ainsi que par les jeunes : aucun poisson ne vient vers la pince. Ici, c'est le souvenir de la couleur qui paraît dominer sur celui de la forme.

De même, j'ai obtenu des résultats contradictoires au début de mes expériences sur les Epinoches.

Expérience 3. — Cette expérience a été faite sur les mêmes Epinoches qui m'ont servi pour l'étude de la notion de la forme (voir Exp. 1 à 3 de cette série) et du reste en même temps que les expériences sur cette dernière, mais je les place ici en raison de l'ordre logique. Les Epinoches (une dizaine) placées dans une cuvette, sont nourries depuis peu de temps à l'aide d'une *pince jaune*. Le jour même où je leur ai donné des *Mysis* de cette façon, je plonge dans la cuvette la forme 1 en verre (imitant la pince fermée) de couleur verte et, à côté, une lame rectangulaire jaune (forme 3). Les Epinoches viennent considérer les deux, ne sautent sur aucune, mais s'approchent visiblement davantage de la forme 1.

Cela paraît indiquer : 1° qu'à ce moment le souvenir des objets n'est pas encore bien solidement implanté, car les poissons ne sautent sur aucun d'eux et se bornent à les considérer de loin : 2° que l'objet connu est caractérisé pour eux *plutôt par la forme que par la couleur*, puisqu'ils préfèrent la pince de couleur inconnue à la lame rectangulaire de couleur connue.

Cependant, une autre expérience, faite sur un autre lot d'Epinoches, me donne des résultats opposés.

Expérience 4. — Une trentaine d'Epinoches vivant dans un grand bac reçoivent de la nourriture à l'extrémité d'une *pince jaune* ; le même jour je plonge dans ce bac la lame rectangulaire 3, jaune également, et une pince verte, et je vois les Epinoches venir plus nombreuses vers la première de ces deux formes, c'est-à-dire celle qui présente *non la forme*, mais la *couleur* connue.

Que ces contradictions résultent bien du fait du peu de précision et de stabilité du souvenir à ce moment (au début des expériences, j'ai pu m'en assurer par les expériences suivantes, faites après que le souvenir (de la forme ou de la couleur) a été déjà bien implanté par plusieurs jours d'expériences antérieures. Ces expériences, toutes concordantes et qui m'ont permis de tirer une conclusion nette, ont porté sur : 1° un jeune Turbot ; 2° des *Gobius* de différents âges ; 3° des Epinoches.

I. — JEUNE TURBOT

J'ai déjà dit qu'aux expériences sur la reconnaissance des couleurs par les *Gobius* était associé un jeune Turbot ; ce jeune poisson a été aussi l'objet des quelques expériences sur la reconnaissance de la forme et sa comparaison avec celle de la couleur.

Expérience 1. — Au moment où l'expérience sur les couleurs prenait fin, le souvenir s'étant effacé (le 5° jour) et mon Turbot ne distinguant plus que vaguement entre un tube de verre rouge (couleur associée à la nourriture) et un tube vert, je lui présente deux objets de même couleur, mais de forme différente : le tube de verre rouge qui, auparavant avait servi pour donner de la nourriture et qui avait été présenté aux poissons les jours précédents, et une tige de fer, teinte en rouge également, de 3 millimètres de diamètre à peu près et recourbée en crochets à son extrémité. Un premier essai ne me donne aucun résultat net. Je reprends l'expérience le lendemain, en plongeant les deux objets à la même profondeur et sans avoir par rien ravivé le souvenir. Cette fois je vois le Turbot s'agiter, rouler ses yeux, puis se soulever légèrement et glisser sur le sable vers le *tube*. Il ne saute pas sur lui, mais le regarde et nage lentement autour ; enfin, ne voyant aucune proie en sortir, il s'éloigne.

A partir de ce moment, je reprends la même expérience tous les jours, sans jamais donner aucune proie avec le tube.

Le lendemain je plonge les deux objets et je vois nettement le jeune Turbot nager dans la direction du tube, surtout la première fois. La deuxième et la troisième, instruit sans doute par l'expérience récente de l'insuccès, il se déplace à peine, mais toujours se tournant vers le tube et jamais vers la tige métallique recourbée.

Le jour suivant, replongeant les mêmes objets, je vois le Turbot s'agiter sur place, puis se mettre en mouvement vers les deux objets d'abord, en se dirigeant vers le tube ensuite. Il nage autour de lui avec des mouvements lents, lève un peu la tête vers lui, sans faire attention à aucun moment à la tige recourbée.

Le jour suivant, les mouvements sont moins nets : le poisson, à la vue des deux objets, regarde tantôt d'un côté tantôt de l'autre, fait un mouvement dans la direction du tube, mais ne se met pas en marche. Cela dure pendant un quart d'heure environ ; ensuite, après avoir ainsi promené ses regards, le Turbot s'éloigne.

Je juge qu'à partir de ce moment le souvenir s'efface, ou bien l'apparition fréquente des objets finit par établir une habitude nouvelle, contraire. Dans les deux cas, la continuation de l'expérience devient impossible. Il s'est écoulé, depuis son commencement, dix jours.

Expérience 2. — Au cours de ces dernières expériences, le sixième jour, je mets en conflit les deux notions, de couleur et de forme, en plongeant dans le bac un tube de verre *bleu*, de même calibre et de même longueur que le tube rouge connu, et, à côté de lui, la tige métallique recourbée, rouge. Le Turbot se met très nettement en mouvement vers le *tube bleu*, tournoie autour de lui, lève sa tête. *Le souvenir de la forme est donc nettement prépondérant.* Au même moment, le souvenir de la couleur est déjà disparu : lorsque je plonge dans le bac en même temps le tube bleu et le tube rouge, connu, le Turbot ne fait plus aucune différence entre eux.

Je conclus de ces expériences : 1° que, le poisson ayant réagi à une impression de forme pendant une durée de dix jours, tandis que l'association avec la couleur semblait être disparue vers

le cinquième jour (voir l'Exp. 3 de la série relative aux couleurs, faite sur le même individu), la durée du premier peut être considérée comme normalement plus longue ; 2^o que la complication introduite sous forme d'un objet de couleur connue et de forme inconnue, mettant les deux notions en conflit, ne change pas ce résultat, montrant que la notion de la forme est prépondérante aussi comme intensité.

II. — *Gobius minutus*

Expérience 1. — Dans un bac où vivent plusieurs *Gobius* adultes et un assez grand nombre de jeunes, un *Gobius* est bien habitué à saisir la proie présentée au bout d'une *pince verte* ; un certain nombre de jeunes acquièrent également cette habitude. Je commence l'expérience cinq jours après que les poissons ont, pour la dernière fois, reçu de la nourriture de cette façon. Je plonge dans l'eau une *pince rouge* (done, forme connue et couleur nouvelle) et, à la même profondeur, un *tube de verre vert* (done, couleur connue et forme nouvelle). Le *Gobius* habitué à la pince verte vient immédiatement heurter la pince rouge ; sur cinq visites qu'il fait aux objets plongés, quatre sont pour la pince et une seulement pour le tube. Le souvenir de la forme domine donc celui de la couleur.

Les jeunes poissons viennent, dans cette expérience, en nombre à peu près égal aux deux objets.

Expérience 2. — Le lendemain, sans renouveler le souvenir par un nouvel apport de nourriture, je plonge dans le bac la même pince rouge (forme connue, couleur nouvelle) et, à côté, une lamelle rectangulaire de couleur verte (couleur connue, forme nouvelle). Le *Gobius* va vers la pince, la regarde, se dirige ensuite vers la lamelle, mais s'arrête assez loin d'elle. Ces mouvements d'hésitation se répètent plusieurs fois ; enfin, le poisson vient heurter la *pince*.

Les jeunes viennent cette fois plus nombreux vers la pince que vers la lamelle, mais la différence d'attitude est moins marquée chez eux que chez l'animal adulte.

Cette expérience confirme donc la conclusion de la précédente.

Expérience 3. — Cette expérience est faite cinq jours après la précédente, c'est-à-dire *onze jours* après que les *Gobius* ont

reçu pour la dernière fois de la nourriture au bout de la pince verte. Pour ne pas faire intervenir le souvenir qu'ils ont pu conserver de la pince rouge déjà employée, bien que vide, au cours de ces expériences, je la remplace par une pince *jaune* que je plonge, comme précédemment, à côté de la lamelle verte. Le *Gobius* qui réagissait le plus facilement jusqu'alors ne vient plus ; les jeunes viennent visiter les deux objets, avec une prépondérance pour la pince. Mais cette prépondérance étant peu accusée (14 visites contre 10), je considère l'expérience comme peu concluante.

Expérience 4. — Le même jour, je plonge dans ce bac la pince jaune et le tube vert déjà employés. Cette fois, tandis que les jeunes poissons viennent en nombre à peu près égal aux deux objets, le *Gobius* adulte, après avoir hésité longtemps, s'approche de la pince, la regarde, s'éloigne, s'approche encore une fois et, enfin, se décide à la mordre. N'ayant rien attrapé, il s'éloigne et nage autour, sans faire la moindre attention au tube vert.

La notion de la forme semble dominer encore une fois celle de la couleur.

III. — EPINOCHES

Ces expériences ont été faites sur le même lot d'une trentaine de poissons, bien acclimatés dans un bac et y prospérant, qui m'a servi déjà pour les expériences sur la perception de la forme. J'habitue ces poissons à prendre de la nourriture sur une *pince jaune* et je ne commence mes expériences que quand cette habitude est bien implantée.

Expérience 1. — Cinq jours après avoir nourri mes Epinoches à l'aide de la pince jaune, je plonge dans l'eau cette pince et, à côté, une lame rectangulaire de la forme 3 de la figure 11, de même couleur. J'observe d'abord un mouvement vers les deux, mais la pince est heurtée visiblement plus souvent. Au bout de quelques instants, la lame N° 3 est totalement abandonnée et toutes les Epinoches se groupent autour de la pince. La même expérience, répétée quelques heures après, me donne les mêmes résultats, de même qu'une autre où je remplace la lame rectangulaire par la forme imitant la pince, mais en la plongeant dans la position renversée, de façon à présenter aux poissons

la base du triangle. Le souvenir de la forme persiste donc nettement depuis cinq jours.

Pour voir si le souvenir de la couleur est à ce moment aussi net, je fais le même jour les deux expériences suivantes :

Expérience 2. — Je plonge dans le bac deux lames rectangulaires, donc de forme nouvelle pour les poissons, mais dont une est de couleur connue, *jaune*, l'autre verte. J'observe d'abord un mouvement vers la règle verte, puis, quelques minutes après, les mouvements s'égalisent, les poissons allant et venant autour des deux objets, sans aucune préférence pour le jaune. Je répète cette expérience quelques heures après, avec les mêmes résultats.

Cette expérience me paraît indiquer que le souvenir de la couleur est effacé à ce moment.

Expérience 3. — Pensant que l'aspect de la forme connue peut raviver aussi le souvenir de la couleur connue (comme j'ai pu le constater en passant dans une de mes expériences sur les couleurs), je plonge, quelques minutes après, dans le bassin une *pince jaune* et une *pince rouge*; les Epinoches vont vers les deux; elles ne montrent aucune préférence pour la jaune et sont même, au début, plus nombreuses autour de la rouge. Même résultat, quelques heures après, avec une *pince jaune* et une *pince verte*.

Le souvenir de la couleur semble donc bien perdu à ce moment (même conclusion que dans l'expérience précédente).

Je continue alors mes expériences en vue de chercher la limite du souvenir de la forme.

Expérience 4. — Deux jours après, c'est-à-dire le septième jour depuis le début et sans que j'aie donné de la nourriture dans l'intervalle, je plonge dans le bac la *lame rectangulaire* jaune (forme N° 3) et la *pince* jaune. Les Epinoches viennent plus nombreuses vers la pince, séjournent plus longtemps autour d'elle, la mordent, tandis qu'elles se bornent à regarder de loin la forme N° 3. La persistance du souvenir de la forme se traduit surtout par cette différence d'attitude, la différence numérique n'étant pas très prononcée. Cela m'a amenée à supposer que chez certains individus le souvenir s'est déjà effacé; cependant, l'expérience du jour suivant m'a montré que ce souvenir était plus vif que je ne croyais.

Expérience 5. — Le lendemain, je constate, en plongeant dans le bassin, comme précédemment, une pince jaune et une lame jaune (forme N° 3), une prépondérance numérique très nette du côté de la pince. Cette légère contradiction avec ce que j'ai constaté dans l'expérience précédente, à moins qu'elle ne soit une simple variation qui se rencontre dans toutes les séries d'expériences, peut s'expliquer par cette considération que, la veille, la lame de forme N° 3 était encore un objet de curiosité et attirait jusqu'à un certain point les Epinoches. Maintenant, lorsque la connaissance est faite avec les deux objets, la pince, comme liée au souvenir de la nourriture, les attire nettement davantage.

Expérience 6. — Identique à la précédente; faite le lendemain, sans résultats très nets, la différence entre le nombre d'Epinoches allant à la pince et celles allant à la lame de forme N° 3 n'étant pas bien marquée.

Expérience 7. — Même expérience, faite le jour suivant, avec des résultats très nets, au contraire : toutes les Epinoches, sauf deux ou trois, vont vers la pince.

Expérience 8. — Le lendemain, répétition de la même expérience avec un résultat moins marqué.

Expérience 9. — Le jour suivant, même expérience : mouvement bien net des poissons vers la pince.

Expérience 10. — Le jour suivant, même expérience. Les Epinoches viennent en nombre à peu près égal à la lame N° 3 et à la pince.

A partir de ce jour, je ne constate plus de différence à cet égard et ces expériences prennent fin. Il s'est écoulé entre le jour où mes Epinoches ont reçu pour la dernière fois de la nourriture à l'extrémité d'une pince et le jour où j'ai observé pour la dernière fois un mouvement net vers cette pince, *douze jours*. Dans la même série d'expériences, le souvenir de la couleur a paru s'effacer dès le *cinquième jour*.

Le souvenir de la forme me paraît donc avoir ici une durée plus longue que celui de la couleur.

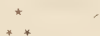
Une expérience analogue, faite sur un autre lot d'Epinoches (8 poissons habitant une cuvette) m'a donné des résultats sem-

blables. C'était le même lot que celui sur lequel j'avais expérimenté auparavant la reconnaissance des différentes formes.

Expérience 11. — Cinq jours après avoir nourri mes poissons à la *pince jaune*, je plonge dans la cuvette cette pince, vide, et, en même temps, la lame rectangulaire de même couleur ; les Epinoches viennent très nettement vers la pince.

Pour vérifier si le souvenir de la *couleur* dure, lui aussi, je plonge, quelques instants après, deux lames rectangulaires de même forme (forme N° 3) et de mêmes dimensions, mais l'une jaune, l'autre verte, et je ne constate aucune différence dans le comportement des poissons à leur égard. Le souvenir de la couleur semble donc être effacé, alors que celui de la forme dure encore.

Les expériences sur ces lots de poissons n'ont pas continué plus longtemps, car les Epinoches ont commencé à dépérir et j'ai dû les transporter dans un bassin plus grand où il aurait fallut attendre leur adaptation à ce nouveau milieu, ce qui aurait modifié les conditions de l'expérience.



Les conclusions que je tire de mes expériences sur la perception et le souvenir des couleurs et des formes chez les espèces de Poissons étudiées sont les suivantes :

1° *Les objets environnants sont caractérisés pour les Poissons, en plus de leur emplacement, par leur couleur et par leur forme.*

2° *Les deux paraissent être saisies avec la même facilité, mais l'impression produite par la forme paraît être dominante.*

3° *La durée du souvenir de la forme est plus longue que celle du souvenir de la couleur.*

3° Comparaison entre le souvenir de la forme et de la couleur et le souvenir topographique

Après avoir comparé la notion de la *forme* chez les Poissons avec la notion de la *couleur*, il a été nécessaire de les comparer toutes les deux à la notion de l'*emplacement*.

Les expériences faites pour étudier la mémoire topographique

m'ont déjà montré par elles-mêmes la prépondérance de cette forme de la mémoire sur celle qui porte sur l'aspect des objet : j'ai exposé ces expériences plus haut. A côté d'elles, j'ai voulu faire quelques expériences plus précises, la comparaison devant être circonscrite entre le souvenir d'une place déterminée, d'un côté, et celui d'une forme ou d'une couleur déterminée, de l'autre. Ces expériences ayant été destinées seulement à une vérification plus exacte d'une conclusion déjà connue d'avance, je n'ai pas jugé utile de les multiplier. Elles ont été faites sur des *Gobius* et sur des jeunes Plies.

Expérience 1. — Il s'agit ici de la comparaison de l'emplacement et de la forme. Après avoir donné à un *Gobius* quelques proies au bout d'une pince et avoir constaté qu'il vient se heurter ensuite contre cette même pince vide, je plonge dans le bassin deux pinces : l'une, la pince connue, munie d'une petite agrafe qui la maintient fermée, l'autre ouverte et sans agrafe. Cette dernière est plongée à la place où se trouvait précédemment la première ; celle-ci est à peu de distance de là.

Le *Gobius* vient immédiatement à la pince qui se trouve à l'ancienne place, à plusieurs reprises. Son mouvement est particulièrement net lorsque, une fois, il se trouve par hasard, placé entre les deux pinces, à une distance à peu près égale des deux. Je donne au poisson quelques *Mysis* à l'ancienne place et je remets la suite de l'expérience à plusieurs heures, pour m'assurer qu'il ne s'agit pas là d'un hasard.

Expérience 2. — Quelques heures après (exactement 4 heures), je plonge de la même façon les deux pinces vides. J'obtiens tout d'abord un résultat contradictoire : le *Gobius* vient vers la pince qui a porté les *Mysis*, bien que celle-ci ne soit pas à la même place.

Je donne de nouveau quelques proies, après avoir transporté cette pince à l'ancienne place, et je décide de continuer l'expérience, en raison de cette contradiction.

Expérience 3. — Une demi-heure après l'expérience précédente, je plonge les deux pinces vides : la pince fermée, à agrafe, à une place quelconque, l'autre, ouverte, exactement à l'ancienne place de la première. Le poisson, cette fois, vient directement à l'ancienne place.

Expérience 4. — Le lendemain, sans avoir donné de nourriture dans l'intervalle, je plonge dans le bassin les deux pinces de la même façon : la pince ouverte à la place où se donnait la nourriture, la pince fermée et munie d'une agrafe, qui a servi à la donner, en un point quelconque. Le *Gobius* se précipite à l'ancienne *place*, à plusieurs reprises. Je mets à cette place l'autre pince ; il s'y précipite également.

Je prends alors deux nouvelles pinces vides, toutes les deux ouvertes, et je les plonge l'une à la place indiquée, l'autre en un point quelconque. Le *Gobius* vient plusieurs fois vers celle qui est à la place connue.

Je répète alors l'expérience avec les deux pinces différentes, celle ouverte étant mise à la place connue, celle fermée ailleurs, et j'obtiens le même résultat plusieurs fois de suite. Cette fois je considère l'expérience comme indiquant suffisamment la prépondérance du souvenir de la *place*.

Les expériences concernant la comparaison de la mémoire topographique et de la mémoire des *couleurs* ont été faites au cours de celles qui avaient pour but de constater la reconnaissance des couleurs chez les *Gobius* et les jeunes Plies. Le procédé a été le même : celui des pinces colorées.

Expérience 5. — Après avoir donné à un *Gobius* une proie avec la pince rouge, une pince vide, bleue, étant placée à quelque distance de là, je plonge ensuite les deux pinces vides, en les plaçant de façon à ce que la pince rouge occupe la place de la bleue, et réciproquement. Le *Gobius* se précipite à la *place* occupée la première fois par la pince rouge, négligeant complètement le fait qu'elle est actuellement occupée par la pince bleue.

Expérience 6. — Après avoir donné à une jeune Plie quelques proies avec une pince rouge et constaté, en replongeant cette pince, vide, à côté d'une autre, bleue, que la Plie vient à la pince rouge, par conséquent sait la reconnaître, je plonge de nouveau les deux pinces vides, mais non plus dans une région quelconque du bassin, mais de façon à ce que la pince bleue se trouve exactement au point où était la pince rouge lorsqu'elle portait la nourriture, et réciproquement. Le poisson vient vers la pince qui est à l'ancienne *place*.

Cette expérience a été répétée un grand nombre de fois, avec

des variations dans les détails, et toujours avec les mêmes résultats, à l'exception d'une seule fois où ma jeune Plie est allée, aussitôt après avoir mangé une proie à l'extrémité de la pince rouge, sauter sur cette pince même lorsqu'elle a été déplacée et une autre plongée à sa place.

La conclusion de ces quelques expériences, venant compléter celle qui découle des observations et expériences se rapportant à l'orientation et à la recherche des objets, est que *la notion de l'emplacement prédomine tant sur celle de la couleur que sur celle de la forme.*

CONCLUSION SUR LA MÉMOIRE DES POISSONS

La question de la mémoire chez les Poissons est liée à celle du rôle de l'écorce cérébrale et de la nécessité de cette dernière pour le développement de cette faculté. Le fait que l'écorce manque chez ces animaux constituait pendant longtemps une présomption contre toute possibilité chez eux, de phénomènes psychiques aussi évolués. Les recherches expérimentales sont venues prouver d'une façon indiscutable la présence de la mémoire ; mes expériences personnelles m'ont montré qu'elle possède même une variété et une finesse assez grandes, permettant des associations stables, basées sur des discriminations de place, de formes et de couleurs relativement délicates. Cette mémoire n'est pas limitée, comme le croit Edinger, aux perceptions liées aux nécessités vitales immédiates : les poissons se montrent capables de garder le souvenir d'impressions qu'ils ne rencontrent certainement jamais dans leur existence naturelle, de s'habituer à des objets entièrement nouveaux pour eux et de former des associations en rapport avec ce nouvel entourage. Leur mémoire n'est pas une mémoire d'espèce particulière qui mérite à peine ce nom : c'est le rudiment de la même mémoire qui se développera ensuite à la suite de modifications quantitatives et qualitatives dans la série des Vertébrés pour aboutir à ce qu'elle devient chez les Mammifères supérieurs et l'Homme.

Nous sommes donc obligés de convenir que la mémoire peut avoir un siège autre que l'écorce ; et la conception actuelle de l'évolution du cerveau des Vertébrés nous aide à résoudre la question. D'après cette conception, les parties homologues et de

même nom du cerveau des Vertébrés des différentes classes n'ont pas le même rôle fonctionnel ; telle fonction qui a son siège dans un centre cortical chez un Mammifère peut être liée à un centre inférieur chez un Amphibien ou un Poisson. Ainsi, on sait que c'est dans l'écorce cérébrale que se trouve le centre visuel chez l'Homme, les Mammifères et les Oiseaux ; il se trouve dans les lobes optiques chez les Amphibiens et les Poissons. Tandis que chez les Vertébrés supérieurs les tubercules quadrijumeaux ne constituent que le centre récepteur des impressions visuelles qui vont ensuite aux autres centres corticaux pour être là reconnues, chez la Grenouille ou le Poisson les lobes optiques cumulent les deux fonctions.

Chez les Poissons, tandis que la voûte du cerveau antérieur est de nature purement épithéliale et non nerveuse (chez les Sélaciens seuls elle commence à évoluer vers la constitution d'une écorce), les autres parties du cerveau sont très développées, surtout le cerveau moyen avec ses lobes optiques qui paraissent jouer le rôle de l'écorce cérébrale. C'est là un centre optique, et comme il est relié à d'autres centres, il est à présumer qu'il est en même temps le siège d'associations. Plus tard, lorsque la voûte de l'encéphale se développe, divers centres cérébraux y émigrent : d'abord, les centres olfactifs, ensuite les centres visuels psychiques.

Il semble ainsi, d'après les travaux récents, que les fonctions du cerveau se déplacent dans le cours de l'évolution phylogénétique ; mais elles ne se déplacent pas entièrement. Ainsi, des deux fonctions que les lobes optiques des poissons cumulent perception visuelle, formation d'associations, seule la seconde fonction, la fonction psychique, émigre, chez les Vertébrés supérieurs, dans le centre cortical, tandis que la première reste dans le centre inférieur.

Ce n'est pas tout. Le centre inférieur paraît conserver à l'état latent la survivance de ses anciennes fonctions. Dans les expériences où l'on enlève les hémisphères à des Vertébrés supérieurs (après la première expérience de GOLTZ, en 1892, sur le chien), les fonctions psychiques, d'abord abolies, se régénèrent ensuite, grâce probablement à une éducation des centres inférieurs ; on constate même certains phénomènes de la mémoire (ROTHMANN, sur le chien). ZELIONY a pu garder un chien décerébré pendant quinze mois et a observé des phénomènes analogues au total à ceux constatés par ROTHMANN, mais sans régé-

nération des réflexes conditionnels. De même, PAGANO (1906) est arrivé à obtenir des réactions d'allure émotive chez des chiens en excitant les noyaux opto-striés, ce qui montre aussi que les centres inférieurs peuvent être amenés à remplir, dans une certaine mesure, les fonctions de l'écorce.

Il semble, d'ailleurs, que plus on monte dans l'échelle, plus cette faculté de remplacement diminue et plus la localisation devient stricte et précise. Une observation d'EDINGER et FISCHER (1913, faite sur un enfant dépourvu d'encéphale de naissance et ayant vécu plusieurs mois, montre que les troubles fonctionnels étaient chez lui beaucoup plus graves que ceux observés chez les chiens décérébrés. Nous pouvons en conclure que la valeur fonctionnelle du cerveau antérieur s'accroît graduellement à mesure qu'on monte dans la série et arrive à son maximum chez l'Homme ; lui seul ne peut s'en passer.

Au sujet de la mémoire chez les Poissons, les faits exposés dans les chapitres précédents permettent, il me semble, de formuler les conclusions suivantes :

1° Ce que les Poissons perçoivent en premier lieu et ce qui caractérise pour eux surtout les objets environnants, c'est leur emplacement ;

2° L'aspect des objets vient en second rang, et ici il faut distinguer :

a) La perception et le souvenir de la forme ;

b) La perception et le souvenir de la couleur.

L'impression de la forme, du moins pour les formes employées, paraît dominer celle de la couleur, aussi bien comme intensité que comme durée du souvenir.

La prédominance du souvenir topographique se manifeste par sa netteté plus grande (c'est sur lui que se guide l'animal lorsque les diverses formes du souvenir sont en conflit) et sa persistance plus longue (c'est à lui que correspond le maximum de durée, dix-huit jours, observé dans mes expériences). Cette prédominance de la mémoire topographique n'a-t-elle pas sa source, en dehors de son utilité plus grande pour l'existence de l'animal, dans le fait que la mémoire visuelle est aidée ici par la mémoire musculaire, le souvenir des mouvements déjà effectués ? Les expériences de Thorndike sur les chiens et les chats montrent l'importance de ce facteur, plus grande même chez les animaux étudiés par lui que celle des impressions

visuelles (les jeunes chats, ayant obtenu un morceau de poisson à la suite de certains mouvements faits pour sortir d'une boîte, répètent ces mouvements, lorsqu'ils veulent obtenir de la nourriture, même s'ils ne sont pas enfermés). Il est possible que ce soit là une des raisons de la généralité de cette prédominance de la mémoire topographique dans le règne animal.

Lorsqu'une habitude s'établit, il se crée, chez l'animal, un lien de plus en plus solide entre un stimulus et le mouvement qu'il provoque, par exemple, entre la vue d'une pince dont la perception a été pendant un certain temps concomitante avec celle de la nourriture, et le mouvement vers cette pince. Ce lien ne s'établit pas d'emblée, mais graduellement, et c'est en cela que consiste l'apprentissage. Le poisson arrive d'abord à *connaître* l'objet associé à la nourriture : on voit que cet objet attire particulièrement son attention et que le poisson peut rester longtemps à le regarder, sans faire un mouvement dans sa direction. Ensuite, les mouvements commencent, d'abord très limités, des sortes de tentatives faites à courte distance, sans que l'animal aille jusqu'à l'objet. Enfin, il arrive à aller vers lui, tout cela au fur et à mesure qu'on lui montre plus souvent l'objet en question, d'abord comme associé à la nourriture, ensuite seul. — La répétition de ces présentations avec certains intervalles est plus efficace que la présence constante des objets ou leur apparition ininterrompue, fait constaté d'ailleurs également pour la mémoire humaine. Ainsi, un poisson apprend à la suite de 10 répétitions réparties en cinq jours mieux qu'il n'aurait appris en 10 répétitions faites le même jour.

Les différentes catégories de souvenir (topographique, de couleur et de forme) montrent quelques différences dans la rapidité de leur fixation : le souvenir topographique s'établit le plus rapidement, peut-être grâce à la collaboration de la mémoire visuelle et de la mémoire motrice ; viennent ensuite le souvenir de la couleur et celui de la forme, avec une légère différence en faveur de la forme, mais différence insuffisamment constante pour qu'on puisse tirer une conclusion définie. C'est probablement par cette incertitude et cette inconstance des résultats que s'explique la contradiction entre mes observations à cet égard et celles d'Oxner qui, sur d'autres espèces de poissons, il est vrai, a constaté la prédominance, au début

des expériences, de la mémoire des couleurs sur celles des formes.

La disparition du souvenir se fait graduellement, comme son établissement. Les réactions du poisson changent en sens inverse : ses mouvements deviennent d'abord de plus en plus hésitants, ensuite il se borne à se tourner vers l'objet considéré et à le regarder pendant longtemps ; enfin, cela aussi se perd et l'objet n'éveille plus aucun intérêt. Au cours de ce processus, l'objet continue à être reconnu (puisque l'animal le regarde de préférence à tous les autres), mais le lien entre sa perception et l'acte qu'elle entraînait se relâche de plus en plus. C'est lorsque le poisson ne réagit plus du tout que nous estimons que le souvenir a disparu ; il est possible cependant qu'il persiste, mais ne provoque aucune manifestation qui nous permettrait de le constater.

La durée de la persistance visible du souvenir est, chez les espèces étudiées par moi, relativement courte, plus courte que celle observée par certains autres auteurs (Oxner, chez *Coris julis* et *Serranus scriba* établit une durée maxima de 25 jours) ; cette durée plus courte correspond à une période d'établissement de l'habitude plus courte également (3 à 7 jours dans mes expériences, 10 à 30 dans celles d'Oxner). Les durées constatées par moi sont de sept à dix-huit jours, suivant les individus, les conditions de l'expérience et aussi les catégories de mémoire considérées.

Lorsque le souvenir paraît disparu et que le poisson cesse de réagir, il reste possible de provoquer de nouveau la réaction en répétant, mais dans une mesure beaucoup plus faible, l'excitation qui a servi à créer l'habitude la première fois. Les mouvements caractéristiques réapparaissent après un nouvel apprentissage très réduit. Il existe donc un *souvenir latent*, qu'on devrait appeler plutôt : souvenir passé à l'état d'une trace trop faible pour se manifester sans un nouvel exercice venant l'amplifier ; on peut, cependant, par abréviation, lui conserver ce nom admis.

Le souvenir latent se manifeste très nettement lorsque les poissons ont à réapprendre un chemin qu'il connaissaient et qu'ils ont oublié. Tandis qu'il fallait au *Gobius* plusieurs heures pour apprendre la première fois le chemin vers sa coquille à travers un passage étroit (voir Mémoire Topographique, I, Exp. 7), il ne lui faut plus le lendemain qu'un quart d'heure,

pour cela. Les Epinoches, qui apprennent la première fois en une heure et demie à passer d'un compartiment de leur bassin dans l'autre (*Ibid.*, II, Exp. 5, 6 et 7) n'exigent plus, pour apprendre à exécuter les mêmes mouvements les jours suivants (le barrage ayant été enlevé dans l'intervalle et l'habitude perdue), qu'un temps beaucoup plus court, de quelques minutes à un quart d'heure.

De même, le souvenir d'une couleur, qui paraît être effacé, à la vue d'un objet de couleur connue, mais de forme nouvelle, est éveillé et se manifeste à la vue d'un objet qui a, de plus, une forme connue ; que c'est bien là une manifestation du souvenir latent et non pas celle d'un souvenir de la forme, on s'en assure en présentant au poisson deux objets de même forme et de couleurs différentes ; il choisit bien la couleur connue (*Mémoire des couleurs et des formes*, I, 1^o, Exp. 4).

L'existence d'un souvenir latent s'est montrée également dans une expérience que je n'ai pas citée dans mon exposé, car elle est un peu isolée et ne se rapporte à aucune des questions envisagées. Elle a été faite en vue de voir comment l'accoutumance à un objet s'établit chez une Plie et combien de temps elle peut persister. Voici la marche de cette expérience.

Un jeune Plie de 5 à 6 mois, âge où la crainte des objets inconnus se manifeste déjà, se trouve dans un aquarium où elle est bien acclimatée et a l'habitude de rester immobile au fond. J'y plonge assez brusquement un long tube de verre ; le poisson s'enfuit et se couche sur le fond dans un autre coin. J'approche de nouveau le tube, nouvelle fuite. Après deux heures d'expérience, le tube ne semble plus produire d'effet. On pourrait l'attribuer à la simple fatigue, mais la suite des expériences montre qu'il s'agit bien là d'une accoutumance. Le lendemain, même expérience, avec mêmes résultats et sans différences appréciables dans le temps. L'accoutumance s'est donc perdue dans l'intervalle.

Le jour suivant, l'éducation est encore à recommencer, mais maintenant une demi-heure suffit pour que la Plie cesse de fuir devant le tube. Je note, au cours de la même expérience, combien de temps il faut pour que l'habitude s'efface et que l'animal recommence à craindre : je trouve que ce temps est d'une heure et demie à peu près.

Le lendemain, même manège, mais l'habitude du tube se reconquiert au bout d'un quart d'heure.

Le jour suivant, même expérience : l'habitude revient après quelques minutes.

Le souvenir latent apparaît donc là très nettement. J'ai abandonné à ce moment ma Plie pour vingt jours ; passé ce délai, aucun souvenir latent n'a pu être éveillé chez elle.

Les expériences rapportées plus haut peuvent-elles fournir quelque contribution à la connaissance de la mémoire des animaux en général ?

Une première question qui se pose est celle-ci : cette mémoire est-elle liée à la présence d'une *image* mentale de l'objet absent, ou est-elle seulement la faculté de se comporter, en présence d'une excitation venant du dehors, d'une façon qui dépend non seulement de cette excitation, mais d'une autre, antérieure ? Il est, évidemment, très difficile, sinon impossible, de donner à cette question une réponse directe et décisive, car nous n'avons aucun moyen de constater si une image mentale est présente en dehors des moments où notre intervention provoque la manifestation de la mémoire associative. Lorsqu'il s'agit de Vertébrés supérieurs, la considération de leur comportement et les analogies qu'il présente avec le nôtre nous font conclure à l'analogie du travail cérébral lui-même, mais chez des animaux aussi inférieurs que les Poissons, ce procédé de raisonnement pourrait donner des résultats tout à fait faux. C'est pourquoi on ne peut se guider, en ce qui concerne ces animaux, que sur des données indirectes.

En examinant de près les résultats de quelques-unes de mes expériences, on peut, il me semble, obtenir quelques indications sur cette question.

Lorsqu'un poisson s'habitue à associer la sensation de la nourriture à celle d'un objet de *forme* et de *couleur* déterminées, cet objet devient par la suite capable de provoquer seul la réaction caractéristique. On pourrait croire que c'est parce que son *image* se conserve dans la mémoire. Mais on constate que sa *couleur*, associée à une autre forme, de même que sa *forme*, associée à une autre couleur, sont capables de même de provoquer la réaction. Ces deux propriétés, dissociées, peuvent même être mises en conflit et la réaction ne s'en produit pas moins.

On pourrait se représenter ce qui se passe de la façon suivante :

Une association se forme entre la nourriture et l'aspect général d'un objet (tube ou pince) apparaissant dans le milieu envi-

ronnant. Cet aspect ne se décompose pas, pour le poisson, en des éléments déterminés (emplacement, forme, couleur) et la réapparition de *tous* ces éléments combinés n'est pas nécessaire pour que, l'habitude une fois prise, le mouvement d'attraction se produise. Lorsque tous les éléments de l'ensemble sont réunis, l'attraction est la plus forte, par le fait même de l'accumulation des impressions ayant ce pouvoir. Mais n'importe quel élément de cet ensemble est capable de rappeler la nourriture, quoique d'une façon inégalement intense. L'emplacement est ce qui la caractérise le mieux, la forme de l'objet la rappelle aussi, à un degré moindre (dans les limites de mes expériences, du moins), la couleur à un degré un peu moindre encore. De même pour la différence entre certaines formes : un objet à deux pointes rappelle au poisson la pince et l'attire, bien qu'il n'ait de la pince que ce seul caractère : l'existence d'une extrémité pointue. Tous ces faits ne se seraient certainement pas produits si l'*image* complète de la pince était présente.

La conclusion qui me semble s'en dégager, c'est que le poisson n'*individualise* pas les objets qui l'entourent et ne saisit que l'ensemble de la situation, sans que ses différentes parties soient groupées en objets détachés. L'infériorité de son travail cérébral et de sa mémoire résulte précisément de ce caractère fragmentaire et disséminé des perceptions, dans cette absence d'image mentale.

La seconde question est celle de la nature de la mémoire associative observée : repose-t-elle uniquement sur des *associations par contiguïté* ou bien les *associations par ressemblance* sont elles également probables ? Ici aussi, une réponse directe est impossible, car la perception des ressemblances par un animal est invérifiable : chaque fois que nous croyons la constater, les faits observés peuvent s'expliquer par une simple erreur de sens, l'animal prenant un objet pour un autre, connu de lui. Si un poisson, habitué à prendre sa proie à l'extrémité d'une pince, vient ensuite vers un objet qui ne présente avec cette pince, qu'une certaine *ressemblance*, c'est précisément parce qu'il ne voit pas que c'est là seulement une ressemblance : pour lui, il y a identité entre les deux. La plupart des auteurs donnent cette interprétation même aux actes des Vertébrés supérieurs (Morgan pour les poulets, Thorndike pour les jeunes chats et les jeunes chiens); il semble bien qu'aux Poissons la perception des *rapports* entre objets doit être encore moins accessible.

Je dois cependant rappeler ici une observation faite au cours de mes expériences sur la discrimination des formes. Lorsque, à un poisson habitué à l'aspect d'une pince portant une proie, on présente un objet muni de deux pointes rappelant celle de la pince et, à côté un objet rectangulaire de la même couleur et sensiblement des mêmes dimensions, le poisson se dirige vers l'objet à deux pointes ; il commet donc une erreur. Mais si on lui montre simultanément ce dernier objet et la pince véritable, il choisit cette dernière, sans se tromper. Ce phénomène est, pour moi, difficile à interpréter. Il est analogue à ce qui se passe pour nous lorsque nous avons à choisir entre plusieurs objets celui qui serait identique à un objet connu, mais absent : dans ce cas notre choix peut être décidé et l'erreur évitée non seulement par l'apparition d'un objet connu, mais aussi par celle de plusieurs objets qui en diffèrent à des degrés différents. Mais tandis qu'ici il y a un processus de comparaison et de jugement, chez le poisson nous ne pouvons recourir, pour chercher une explication, à rien de semblable. Nous constatons qu'il s'établit là des associations plus ou moins fortes et plus ou moins étroites : plus forte entre la perception de la pince et celle de la nourriture qu'entre cette dernière perception et celle de l'objet muni de deux pointes ; cette dernière cependant existe et se manifeste lorsque la première ne vient pas prendre le dessus. L'objet à deux pointes paraît au poisson être la pince connue tant que cette dernière n'est pas placée devant lui. Mais cela n'explique pas en quoi consiste, si nous excluons la possibilité d'une comparaison, la différence entre ces associations plus ou moins étroites au point de vue de leur aptitude à provoquer la réaction voulue.

Nous concluerons donc, en ce qui concerne la mémoire des Poissons, que :

1° *Cette mémoire a son unique source dans les associations par contiguïté, les associations par ressemblance ne paraissant pas probables à ce stade de l'évolution cérébrale ;*

2° *Le souvenir porte non sur des objets individualisés, mais sur l'ensemble du milieu environnant, dont les différents caractères ne sont pas groupés, mais retenus chacun pour son compte, n'importe quelle partie pouvant évoquer le tout ; cela implique la non-existence d'une image mentale.*

DEUXIÈME PARTIE

LA SENSIBILITÉ AUX MILIEUX COLORÉS ET LA PERCEPTION DES COULEURS

Bibliographie

La littérature relative à l'existence chez les Poissons de la faculté de percevoir les couleurs est peu riche et extrêmement contradictoire dans ses conclusions. VITUS GRABER (1884-1885) a le premier étudié à ce point de vue plusieurs poissons marins et d'eau douce (*Gasterosteus spinachia*, *Syngnathus acus* L., *Cobitis barbatula*, *Alburnus spectabilis*), et il a conclu à l'existence d'une discrimination des couleurs et à une préférence, peu marquée d'ailleurs, des rayons moins réfrangibles aux rayons plus réfrangibles et pour les parties moins éclairées relativement aux parties plus éclairées. Cependant, la préférence pour certaines couleurs peut prédominer sur celle pour les parties moins éclairées : ainsi, le rouge est préféré au bleu, même si la force d'éclairement du premier est douze fois supérieure ; mais, passé ce degré, la réaction est renversée.

Plus tard, C. HESS (1909), en plaçant des jeunes d'*Atherina hepsetus* et de *Squalius cephalus* dans un bassin éclairé par moitié à travers des verres rouge et bleu, a constaté qu'ils préférèrent l'une ou l'autre partie suivant le degré d'éclairement : lorsque le bleu semble plus foncé que le rouge à l'œil humain adapté à la lumière (ou lorsqu'il paraît plus clair ou d'éclairement égal à un œil adapté à l'obscurité), les poissons les préférèrent. Dans une autre série d'expériences, en plaçant les mêmes animaux dans un bassin éclairé par un spectre (avec une lampe à arc comme source lumineuse) parallèle à une des parois, cet auteur a constaté une plus grande accumulation des poissons dans

les régions jaune-verte et verte, qu'il suppose être la plus claire pour leurs yeux, avec une diminution rapide vers le rouge et moins rapide vers le violet. Cette distribution ne se produisait, d'ailleurs, que lorsque les poissons avaient été tenus au préalable dans l'obscurité. Les poissons n'ont pas paru distinguer le rouge de l'obscurité complète, car la nourriture placée dans cette lumière ne les attirait point. Ces résultats ont paru indiquer à l'auteur que c'est ainsi que les choses se seraient passées pour un œil humain aveugle aux couleurs, ou même pour un œil sain, mais dans la demi-obscurité. Il en a conclu que les poissons, au moins les espèces étudiées, ne perçoivent que des différences de degrés d'éclairement et non les qualités de la lumière. Cette conclusion a été maintenue par l'auteur à travers toutes les discussions et apparaît de nouveau dans son travail plus récent, celui de 1912.

BAUER (1910) arrive à une conclusion opposée. Il utilise, pour étudier la perception des couleurs, deux réactions des jeunes poissons (*Charax puntazzo* Gm., *Atherina hepsetus* L., *Box salpa* L., *Mugil*) : un mouvement d'approche vers un objet nouveau et un mouvement contraire, de fuite, vers l'angle le plus obscur du bassin, à la suite d'une excitation brusque (changement d'éclairage ou autre). L'apparition successive d'écrans blanc, bleu, vert, jaune clair provoque à chaque fois un mouvement d'approche (done, la différence entre les écrans est perçue), le rouge provoque un mouvement rapide d'éloignement, c'est-à-dire la même réaction qu'un éclaircissement brusque. Or, l'intensité de l'éclairement ayant été dès le début de l'expérience telle qu'elle ne provoquait pas de fuite, Bauer en conclut qu'il s'agit bien là d'une perception de *couleur* et non d'*intensité* lumineuse. Si, au lieu d'un écran rouge, on se sert de la partie rouge du spectre fourni par une lampe à arc, la réaction reste la même. Lorsqu'on emploie un éclaircissement double (avec écran moitié bleu, moitié rouge), les poissons, massés dans le coin le plus éloigné de la partie bleue du bassin, s'arrêtent, comme devant un mur, devant la ligne de séparation. Toutes ces réactions sont rendues plus intenses par un séjour préalable dans l'obscurité. L'auteur en conclut qu'il y a bien là une discrimination de couleurs et que le rouge produit une impression particulièrement forte.

Par une méthode très ingénieuse et qui a cet avantage qu'elle n'implique pas une analogie entre l'œil du poisson et l'œil

humain. Frisch (192) est arrivé à établir chez les Poissons l'existence de la perception sinon des *couleurs*, du moins de *groupes de couleurs*. Il s'est adressé à un poisson (*Phoxinus laevis*) qui a la particularité de s'adapter, au moyen de ses chromatophores, au degré d'éclairement et à la coloration du fond. Cette adaptation est subordonnée à la vue, car elle est immédiatement supprimée chez les poissons aveuglés. L'adaptation au degré d'éclairement se fait en quelques minutes; celle à la couleur exige un temps plus long. Cela permet de dissocier les deux réactions. On prend deux séries de fonds de couleurs différentes, jaunes et gris par exemple, et on choisit les degrés de clarté tels que, dans l'espace de quelques minutes, les poissons placés sur ces fonds prennent une coloration identique; cela montrera que le degré d'éclairement est le même pour les deux. On continue alors l'expérience et on regarde si de nouvelles différences s'établissent; ces différences ne pourront désormais être attribuées qu'à la perception des couleurs. Frisch arrive ainsi à établir la discrimination entre deux groupes de couleurs: le jaune et le rouge, pour lesquels la réaction est la même, d'une part, et le vert et le bleu, pour lesquels elle est également la même, mais différente de la première, de l'autre. Le gris produit le même effet que le vert et le bleu. La question reste, d'ailleurs, ouverte de savoir si c'est vraiment la discrimination qui se borne à ces deux groupes et les Poissons sont des daltoniens partiels, des *dichromates*, ou si c'est la faculté de réagir des chromatophores qui est limitée.

Dans d'autres recherches, le fait de la vision de couleurs chez les Poissons est établi indirectement, par l'étude de l'association qui peut s'établir chez eux entre un objet coloré et une sensation agréable ou désagréable. Ces recherches appartiennent plutôt au domaine de la mémoire; elles ont trouvé leur place dans la première partie de mon travail.

RECHERCHES PERSONNELLES

Mes expériences ont été faites en partie sur des poissons adultes (d'une seule espèce, le *asterosteus Gaculeatus*), mais surtout sur des alevins de *Lepadogaster bimaculatus* et de *Gobius minutus*. En règle générale, les jeunes poissons sont les seuls qui soient assez sensibles pour permettre de tirer de leur

comportement des conclusions ; chez les adultes, les réactions sont ou bien peu accentuées ou bien très instables, disparaissant aussitôt que l'accoutumance s'établit. Les facultés supérieures paraissent interférer ici avec ces manifestations d'attraction par les forces physiques que l'on voit aux degrés inférieurs d'évolution.

La méthode des fonds colorés, qui ne m'a donné aucun résultat positif ni avec les *Gobius*, en dehors du tout premier âge, ni avec les jeunes Plies, s'est montrée jusqu'à un certain point applicable aux Epinoches.

EPINOCHES

Les Epinoches dont je me suis servie étaient les mêmes que celles dont il a été question dans les chapitres relatifs à la mémoire. Je ne reviendrai donc pas ici sur leurs habitudes ordinaires, leur vie dans l'aquarium, les précautions à prendre, etc.

Voici le procédé que j'employais pour ces poissons : Je prenais des cuvettes, d'une trentaine de centimètres de diamètre et je les plaçais sur un fond de papier coloré, de deux couleurs différentes, occupant chacune une moitié de la cuvette. Les parois latérales de la cuvette étaient entourées du même papier que la moitié du fonds correspondante. En haut la cuvette restait ouverte. Pour éviter les différences d'éclairage, les cuvettes étaient placées sur une table, devant la fenêtre, de façon à ce que les lignes de séparation entre les différentes couleurs soient perpendiculaires au plan de la fenêtre. J'ai expérimenté ainsi les combinaisons de couleurs suivantes : 1° vert-jaune, 2° vert-bleu, 3° rouge-bleu, 4° rouge-jaune, 5° rouge-bleu-jaune. Les expériences ont été faites sur 3 lots différents de poissons, d'une dizaine d'individus chacun.

Expérience 1. — Cuvette vert-jaune. Placées dans cette cuvette, les Epinoches, une fois le trouble causé par leur transvasement calmé, se mettent à nager indifféremment dans toutes les directions, ne montrant aucune préférence bien marquée. Cette première expérience ne me donne donc pas de résultats.

Expérience 2. — Cuvette vert-bleu. Ici, l'expérience étant organisée de la même façon, je constate une préférence assez

sensible en faveur du *vert* : cette différence est indiquée en partie par le nombre plus considérable de poissons qui séjournent sur le *vert*, mais surtout par la durée de ce séjour, plus longue dans cette région que dans la *bleue*.

Expérience 3. — Cuvette rouge-bleu. En observant les mouvements des poissons je remarque que, bientôt après s'être calmés de leur trouble, ils se rassemblent *tous* dans la partie *rouge* de la cuvette. Les Epinoches nagent bien le long des parois, mais, arrivées à la limite entre le rouge et le bleu, rebroussement chemin. Ces mouvements se poursuivent pendant une dizaine de minutes, ensuite l'accoutumance s'établit graduellement : les poissons commencent peu à peu à pénétrer dans la région *bleue*. Une fois arrivées sur le fond *bleu*, les Epinoches n'ont plus les mêmes difficultés pour revenir sur le *rouge* : une fois revenues, elles ne le quittent plus volontiers. Cette préférence se remarque pendant deux heures à peu près, tout en s'atténuant peu à peu. Cette expérience a été répétée sur 2 lots différents d'Epinoches, avec les mêmes résultats.

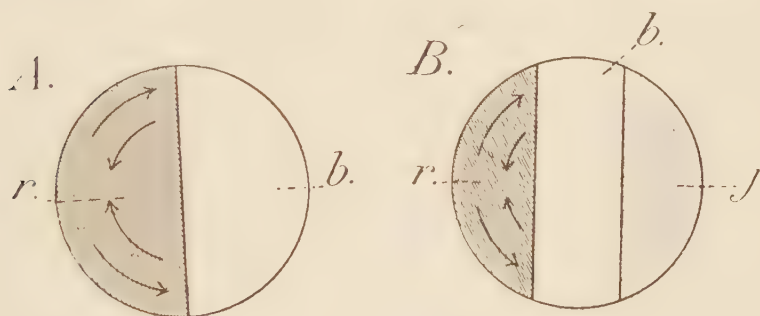


FIG. 13. — Schémas des cuvettes avec fond colorés. *r.*, fond rouge, *b.*, fond bleu, *j.*, fond jaune. Les flèches indiquent la direction des nouveaux.

Expérience 4. — Cuvette rouge-jaune. Dans la même cuvette qui a servi pour l'expérience précédente, je retire les papiers rouge et bleu et, après avoir laissé les poissons se disperser, je les remplace par des papiers rouge et jaune, en prenant soin de placer à gauche la partie rouge qui se trouvait auparavant à droite (pour éviter l'accoutumance à une certaine place). Les Epinoches commencent par se diriger vers le côté où se trouvait auparavant la partie rouge (à droite), mais, trouvant là une région jaune, reviennent dans la moitié gauche, actuelle-

ment *rouge*. Elles y restent assez longtemps, ne s'aventurant que peu dans le *jaune*. Peu à peu, cependant, comme dans l'expérience précédente, elles s'habituent à circuler partout sans difficultés.

Expérience 5. — Cuvette rouge-bleu-jaune. Dans cette cuvette, où la partie médiane du fonds est bleue et les parties latérales rouge et jaune, je constate, peu de temps après y avoir placé mes Epinoches, qu'elles se tiennent *toutes* dans la partie *rouge*. Comme dans l'Expérience 3, elles reculent arrivées à la limite du rouge et du bleu. Elles mettent une demi-heure à peu près à s'habituer à sortir du rouge et à traverser la région bleue. Sur cette dernière, elles ne séjournent pas et préfèrent la dépasser pour aller au jaune. Au bout de deux heures, cependant, elles paraissent habituées à ces fonds diversement colorés et ne font plus de distinction entre eux pour leurs mouvements.

Ces expériences, en établissant certaines préférences, me montrent en même temps l'aptitude des Epinoches à distinguer les couleurs, notamment le *rouge*, le *jaune*, le *vert* et le *bleu*. En ce qui concerne ces préférences, celle pour le *rouge* est bien marquée ; viennent ensuite, au même rang, le *vert* et le *jaune*, et, en dernier lieu, le *bleu*.

Cet ordre de préférences est loin d'être général chez les Poissons, comme me l'ont montré mes expériences sur les alevins de *Lepalogaster* et de *Gobius*, mais il est caractéristique pour l'Epinoche. Vitus Graber a noté la même préférence pour le rouge chez une espèce voisine, *Gasterosteus spinachia*, et l'a rattachée à la tendance de ces poissons à rechercher l'obscurité.

Répétées sur un autre lot d'Epinoches, ces expériences m'ont donné les mêmes résultats.

La même préférence se manifeste assez souvent chez les Epinoches lorsqu'on les met en présence d'un objet rouge et d'un objet d'une autre couleur. Ainsi, lorsqu'on plonge dans leur aquarium des tubes de verre de couleurs différentes (sans y mettre aucune nourriture qui pourrait les attirer) : rouge, blanc, vert, jaune, elles vont souvent tout d'abord vers le tube qui apparaît pour la première fois et excite leur curiosité ; mais il arrive aussi que, plusieurs tubes nouveaux apparaissant en même temps, des préférences se manifestent. Dans une expé-

rience où j'avais une quinzaine d'Epinoches dans une grande cuvette, il m'est arrivé de plonger dans l'eau en même temps un tube rouge et un tube blanc, ensuite un tube bleu et un tube rouge; j'ai vu les poissons s'approcher davantage du tube rouge, bien que, dans le dernier cas, le tube bleu, nouveau, devait exciter plutôt leur curiosité. Dans un autre lot d'Epinoches, j'ai essayé plus d'une fois de plonger de même un tube jaune (à plusieurs reprises, afin d'épuiser la curiosité) et ensuite un tube rouge, également plusieurs fois. Lorsque, après cela, les deux tubes étaient montrés simultanément, il se produisait bien un mouvement vers les deux, mais avec une prépondérance pour le rouge.

JEUNES POISSONS

Ces expériences doivent être faites dans l'espace de deux ou trois premiers jours après l'éclosion, du moins pour les espèces étudiées par moi. Les jeunes *Lepadogaster* sont très fragiles, ils s'affaiblissent rapidement, perdent leur sensibilité et meurent ordinairement, dans les aquariums, quelques jours après l'éclosion. Les *Gobius* sont un peu plus robustes, mais si on arrive à les conserver plus ou moins longtemps, leur sensibilité vis-à-vis de la lumière s'émousse également, probablement en raison de l'affaiblissement général.

Voici la façon dont je disposais mes expériences.

Les jeunes poissons étaient placés dans une cuvette de verre, d'une trentaine de centimètres de diamètre, posée sur une table, devant la fenêtre, et pouvant être couverte d'une lame de verre. Pour obtenir un milieu coloré, je me servais de papier mince (papier de soie), assez translucide. J'enveloppais de ce papier la cuvette par moitié, de façon à ce que chaque moitié comprenne un fond, des parois latérales et un plafond d'une couleur déterminée. Pour observer la distribution des poissons, on peut, sans crainte de troubler quoi que ce soit, soulever le papier recouvrant la cuvette dans la partie la plus éloignée de la fenêtre et la plus rapprochée de l'observateur, les poissons étant tous massés à l'opposé.

Les poissons, au nombre de plusieurs centaines, constituant l'éclosion de toute une ponte, s'assemblent, dans les conditions ordinaires, nettement contre la paroi de la cuvette tournée vers

la fenêtre ; lorsque j'établis mes fonds et mes écrans colorés, ils continuent à se tenir dans la partie de la cuvette tournée vers la lumière, mais se distribuent d'une façon très inégale à droite et à gauche de la ligne de séparation des couleurs. Cette séparation était toujours établie dans une direction perpendiculaire à la fenêtre, à l'effet de maintenir l'égalité de l'éclairement. Après chaque expérience, j'enlevais les papiers colorés et je laissais les poissons se redistribuer de la façon normale, c'est-à-dire uniformément dans la partie antérieure de la cuvette. Enfin, lorsque j'avais à me servir d'une couleur déjà employée dans une autre combinaison, j'avais soin de mettre cette couleur du côté opposé à celui où elle se trouvait précédemment, pour éviter l'action possible de l'ancienne place.

J'ai employé les couleurs suivantes : blanc, rouge, orangé, jaune, vert tirant sur le jaune, vert pur, bleu verdâtre, d'une teinte très claire, bleu, violet. Je n'ai pas cru utile d'épuiser toutes les combinaisons possibles de ces couleurs, car certains des résultats obtenus faisaient prévoir nécessairement les autres.

Deux remarques préliminaires sont encore à faire ici :

1° Mes couleurs n'étaient évidemment pas pures, mais je n'ai pas attaché à cette circonstance une importance considérable par suite de l'idée suivante. Dès le prime abord, je suis obligée de supposer une certaine analogie entre les perceptions de l'œil du poisson et celles du mien. Lorsque je dis que le poisson voit le *rouge*, je suppose qu'il voit quelque chose de ressemblant à ce que, moi, je vois sous ce nom, et cette analogie subsiste que les couleurs soient pures ou impures. Le degré de pureté est secondaire pour la question examinée.

2° Le degré de transparence des papiers est, dans mes expériences, très inégal. Son étude a été faite à part et il en sera question plus loin.

EXPÉRIENCES SUR LES JEUNES LEPADOGASTER

Première série. — J'ai employé 22 combinaisons différentes de ces couleurs, prises par deux.

1. **Combinaison blanc-rouge.** — Les poissons se massent instantanément dans la moitié *blanche* ; 3 ou 6 individus seulement (sur plusieurs centaines) se voient dans la partie rouge. Leur déplacement se présente comme un mouvement très rapide,

une sorte de fuite. Je laisse la cuvette dans cet état pendant un quart d'heure sans qu'aucun changement dans la distribution des poissons n'intervienne.

Après l'enlèvement des papiers, la redistribution uniforme dans tout l'espace le plus éclairé se fait en quelques minutes (il en sera de même pour toutes les combinaisons de couleurs).

2. **Combinaison blanc-bleu.** — Les poissons se massent encore très rapidement dans la moitié *blanche*, mais le mouvement est un peu moins marqué que dans le cas précédent.

3. **Combinaison blanc-jaune.** — Les poissons se rassemblent dans le blanc, à peu près avec la même rapidité que dans l'expérience précédente.

4. **Combinaison blanc-orangé.** — Mouvement rapide et très accentué vers la moitié *blanche*.

5. **Combinaison blanc-vert.** — Accumulation rapide et très nette dans le *blanc*, aussi nette que dans la Combinaison 1.

6. **Combinaison blanc-vert bleuâtre.** — Différence dans la distribution moins marquée ; simplement, grande majorité dans la moitié *blanche*.

7. **Combinaison bleu-rouge.** — Accumulation très marquée dans la région *bleue* ; quelques individus seulement dans le rouge (comparable à la Combinaison 1).

8. **Combinaison bleu-jaune.** — Accumulation d'une grande majorité dans le *bleu*, mais avec nombre d'individus dans la partie jaune plus considérable que dans la combinaison précédente.

9. **Combinaison bleu-orangé.** — Mouvement vers la partie bleue, mais différence moins accentuée que dans les combinaisons les plus typiques (1 et 7).

10. **Combinaison bleu-vert.** — Grande majorité dans la région bleue.

11. **Combinaison bleu-vert bleuâtre.** — Différence dans la distribution moins marquée, mouvement moins rapide, mais cependant en faveur du *vert bleuâtre*. Le peu de netteté des résultats me pousse à laisser les poissons dans ces milieux plus longtemps que de coutume, jusqu'au lendemain ; mais le résultat reste le même vingt-quatre heures après : c'est toujours une légère prédominance en faveur du *vert bleuâtre*.

12. **Combinaison vert-rouge.** — Rassemblement très net et très rapide dans le *vert*, quoique moins total que dans les combinaisons 1 et 7.

13. **Combinaison vert-jaune.** — D'abord, un mouvement vers la moitié verte, puis mouvement contraire avec accumulation finale dans le *jaune*, contrairement à ce que faisaient prévoir les expériences précédentes. Ce comportement imprévu m'a fait essayer diverses nuances du vert, pour vérifier si les mouvements se produiraient dans le même sens.

14. **Combinaison vert pur-vert jaunâtre.** — Mouvement bien accentué vers le vert pur.

15. **Combinaison vert jaunâtre-vert bleuâtre.** — Accumulation très marquée (absolue au bout d'une demi-heure) dans le *vert bleuâtre*.

16. **Combinaison vert pur-vert bleuâtre.** — Mouvement très net vers le *vert bleuâtre*.

17. **Combinaison vert bleuâtre-jaune.** — Avantage, mais pas très marqué, en faveur du *vert bleuâtre*.

18. **Combinaison vert bleuâtre-orangé.** — Mouvement très net vers le *vert bleuâtre*.

19. **Combinaison jaune-orangé.** — Accumulation plus grande dans le *jaune*, mais pas d'une façon très marquée.

20. **Combinaison jaune-rouge.** — Accumulation rapide et très nette dans la partie *jaune*.

21. **Combinaison orangé-rouge.** — Mouvement rapide et net vers la partie *orangée*.

22. **Combinaison vert bleuâtre-violet.** — Pendant quelque temps, distribution sensiblement uniforme, puis accumulation lente dans la partie *vert bleuâtre*.

Les divers milieux colorés peuvent donc être placés, au point de vue de l'attraction exercée sur les jeunes *Lepidogasters*, dans l'ordre décroissant suivant : *blanc*, *vert-bleuâtre*, *bleu*, *jaune*, *orangé*, *vert-pur*, *vert jaunâtre*, *rouge*. (Le violet ne trouve pas de place dans cette série, n'ayant été employé qu'une fois, en qualité de couleur la plus réfrangible et par comparaison avec la couleur qui paraissait être préférée dans toutes les combinaisons où elle figurait, sauf le blanc.) La tendance générale serait donc *en faveur des rayons les plus réfrangibles*, avec des degrés de préférence très différents et avec une interversion dans la partie moyenne du spectre.

Cette interversion s'explique probablement par quelque circonstance fortuite, car non seulement elle est contraire au sens général du mouvement, mais elle n'a pas été rencontrée par

moi dans d'autres expériences, faites sur le même plan avec d'autres lots de poissons et dans lesquelles le vert était constamment préféré au jaune. Si j'ai cru cependant décrire en détail précisément cette série, malgré ce trait atypique, c'est parce que le nombre de combinaisons employées était ici le plus grand.

Deuxième série. — La seconde série d'expériences a été faite à l'aide d'une méthode différente. J'ai remplacé les papiers de couleur par des verres colorés, mais, comme ces verres étaient moins variés comme teinte, je n'ai expérimenté que quatre couleurs : le *rouge*, le *jaune*, le *vert* et le *bleu* ; cela suffisait, d'ailleurs, pour indiquer la tendance générale et surtout pour résoudre la question du choix entre le vert et le jaune. Voici la disposition des expériences.

Les jeunes poissons étaient placés dans une cuvette rectangulaire, en verre, de 16 centimètres de longueur sur 8 centimètres de largeur et 4 centimètres de profondeur. Des morceaux rectangulaires de verre coloré, de dimensions correspondantes et de couleurs différentes, l'entouraient de toute part, par moitié. Pour observer la distribution, je regardais par la paroi opposée à la fenêtre pour les verres suffisamment transparents et en soulevant brusquement un des verres formant couvercle pour les verres trop foncés. Le lot de poissons qui m'a servi pour ces expériences avait auparavant été placé dans les milieux colorés obtenus à l'aide de papiers (comme précédemment) et avait montré les mêmes préférences, *sans interversion* dans la partie médiane du spectre, c'est-à-dire allant du *jaune au vert*.

Les combinaisons employées ont été au nombre de 6.

1. **Combinaison rouge-jaune.** — Mouvement rapide du rouge vers le *jaune* d'une grande majorité de poissons.

2. **Combinaison rouge-vert.** — Même mouvement vers le *vert*.

3. **Combinaison rouge-bleu.** — Mouvement rapide de presque tous les poissons vers le *bleu*.

4. **Combinaison jaune-vert.** — Mouvement rapide d'une très grande majorité vers le *vert*.

5. **Combinaison jaune-bleu.** — Mouvement analogue au précédent.

6. **Combinaison vert-bleu.** — Même mouvement.

Dans cette série d'expériences, les parties les plus réfringibles du spectre sont bien préférées aux parties moins réfringibles; le vert et le jaune ne font pas exception.

*
* *

De ces expériences je crois pouvoir conclure que les jeunes *Lepadogasters* manifestent une attraction très nette pour certaines couleurs de préférence à d'autres. La succession des couleurs, dans l'ordre d'attraction décroissante et en considérant les résultats obtenus dans l'expérience décrite plus haut (Série I) pour le vert et le jaune comme dus à une circonstance étrangère que je ne suis pas arrivée à établir (car non seulement ces résultats ne se sont pas reproduits, mais le contraire a été observé dans les expériences ultérieures, paraît être la suivante : *blanc, vert bleuâtre, bleu, vert pur, vert jaunâtre, jaune, orangé, rouge*. La couleur blanche est très nettement préférée dans toutes les combinaisons; le vert bleuâtre de même, surtout par rapport aux couleurs comprises entre le rouge et le jaune, la différence étant moins sensible avec le vert, le bleu et le violet.

EXPÉRIENCES SUR LES JEUNES GOBIUS

Pour ces expériences, 20 combinaisons ont été employées.

1. **Combinaison rouge-orangé.** — Grande majorité de poissons dans la partie orangée.

2. **Combinaison rouge-jaune.** — Grande majorité dans le jaune.

3. **Combinaison rouge-vert jaunâtre.** — Prédominance, pas très accentuée d'ailleurs, pour la partie *rouge*. Répétée une seconde fois, cette combinaison m'a montré une distribution à peu près égale des poissons dans les deux moitiés de la cuvette.

4. **Combinaison rouge-vert.** — Pas de différence bien marquée, mais légère prédominance du côté *vert*.

5. **Combinaison rouge-vert bleuâtre.** — Très grande majorité dans la partie *vert bleuâtre*.

6. **Combinaison rouge-bleu.** — Très grande majorité dans la partie *bleue*.

7. **Combinaison rouge-violet.** — Très grande majorité dans le *violet*.

8. **Combinaison orangé-bleu.** — Majorité dans la partie *bleue*.

9. **Combinaison jaune-orangé.** — Grande majorité dans le *jaune*.

10. **Combinaison jaune-vert jaunâtre.** — Même résultat que dans la combinaison précédente.

11. **Combinaison jaune-vert pur.** — Distribution sensiblement égale.

12. **Combinaison jaune-vert bleuâtre.** — Très grande majorité dans le *vert-bleuâtre*.

13. **Combinaison jaune-bleu.** — Majorité, bien que moins marquée, dans le *bleu*.

14. **Combinaison jaune-violet.** — Peu de différence ; celle qui peut être constatée est en faveur du *violet*.

15. **Combinaison vert-vert bleuâtre.** — Prépondérance assez marquée du *vert-bleuâtre*.

16. **Combinaison vert-bleu.** — Légère différence en faveur du *bleu*.

17. **Combinaison vert bleuâtre-bleu.** — Même résultat.

18. **Combinaison bleu-violet.** — Distribution à peu près égale.

19. **Combinaison blanc-violet.** — Prépondérance en faveur du *blanc*.

20. **Combinaison blanc-lumière diffuse directe.** — Grande majorité dans la partie *blanche*.

..

Ces expériences montrent que la sensibilité des jeunes *Gobius* pour les milieux colorés est moins grande que celle des jeunes *Lepadogaster* ; les préférences ne sont bien marquées que là où le bleu ou le vert bleuâtre interviennent ; au total, les attractions s'exercent dans le même sens que chez les *Lepadogaster* : par les rayons les plus réfrangibles plus que par les moins réfrangibles et par la lumière *blanche* plus que par toute autre.

CONDITIONS POUVANT INFLUENCER LA SENSIBILITÉ A L'ÉGARD DE L'ÉCLAIREMENT COLORÉ

De ces conditions, j'ai d'avance exclu toutes les actions d'ordre trop exceptionnel dans l'existence des poissons ou pouvant avoir

une influence nocive, telle que l'addition de diverses substances chimiques ou d'eau distillée, des élévations ou des abaissements brusques de température, etc... J'ai envisagé seulement l'action possible de deux facteurs :

- 1° L'accoutumance ;
- 2° Le séjour préalable dans l'obscurité.

Accoutumance. — En plaçant des jeunes *Lepadogaster* dans un milieu bicolore obtenu à l'aide de papiers colorés donnant des différences de comportement très marquées, par exemple *rouge et bleu*, *rouge et vert-bleuâtre* (voir Expériences de la 1^{re} série), on constate toujours, comme je l'ai déjà dit, un mouvement très rapide vers la partie bleu ou vert-bleu, de sorte que, en quelques secondes, *tous* les poissons se trouvent du même côté de la ligne de séparation.

Je laissais la cuvette ainsi pour un temps plus ou moins long, jusqu'à vingt-quatre heures et un peu plus : je retrouvais toujours les poissons avec la même distribution qu'au commencement de l'expérience, c'est-à-dire tous massés dans la couleur la plus réfrangible. Que ce n'est pas là un simple résultat des conditions anormales d'éclairage qui pourraient affaiblir la mobilité des animaux, on s'en assure facilement : aussitôt que les papiers colorés sont enlevés, les poissons se distribuent immédiatement de la façon normale dans toute la partie de la cuvette tournée vers la fenêtre.

L'accoutumance ne diminue donc pas l'attraction ou la répulsion qu'exercent certaines lumières colorées de préférence à d'autres.

Séjour dans l'obscurité. — Le séjour dans l'obscurité ne paraît pas non plus modifier ces attractions et répulsions, ni les rendre plus marquées lorsqu'elles s'affaiblissent pour une raison quelconque. Ainsi, placés sous la lumière d'un spectre fourni par une lampe électrique, les jeunes *Lepadogaster*, pris dans les conditions normales, n'ont pas montré de distribution bien nette dans les différentes régions, fait que j'attribue à ce que la lumière ainsi fournie était trop faible. Un séjour préalable dans l'obscurité, n'a pas rendu ces poissons plus sensibles dans ces conditions ; même un séjour de vingt-quatre heures n'a pas modifié ce résultat.

De même, un séjour de vingt-quatre heures dans l'obscurité

n'a pas rendu plus sensible un autre lot de jeunes *Lapadogaster*, dont la sensibilité a commencé à s'émousser par suite de l'affaiblissement général de l'organisme, qui se manifestait par la mort d'un grand nombre d'individus.

Les seuls facteurs dont j'ai pu, par conséquent, constater l'influence sur cette faculté spéciale sont : l'état *physiologique* de l'organisme, un certain minimum de vigueur nécessaire, et surtout l'âge, la sensibilité aux milieux colorés ne subsistant que pendant le premier temps de la vie.

VÉRIFICATION DES CONCLUSIONS FORMULÉES

Les phénomènes constatés montrent-ils cependant réellement qu'il s'agit là d'une sensibilité aux lumières *colorées* et non pas simplement aux différences dans la *quantité* de lumière, différences qui devaient nécessairement résulter de la variété, comme teinte et comme épaisseur, des papiers employés. On sait que dans toutes les expériences de ce genre cette question reste très controversée et que certains auteurs sont enclins à voir, même chez des Vertébrés supérieurs, une simple aptitude à reconnaître la lumière et l'ombre, plus ou moins épaisse, là où l'observation immédiate paraît suggérer l'idée d'une aptitude à distinguer les couleurs. Pour les Poissons, telle est, comme nous l'avons vu, l'opinion de Hess.

Pour résoudre cette question, il me fallait d'abord comparer les quantités de lumière que laissent passer les écrans employés et mettre ensuite ces données en regard des résultats obtenus par l'observation du comportement des animaux. Si leurs préférences vont, d'une façon régulière, toujours vers la lumière croissante ou la lumière décroissante, on pourra conclure sinon à l'absence de la perception des couleurs, du moins à une indifférence à leur égard. Si, au contraire, les différences de comportement ne correspondent pas, comme sens et comme degré, à celles de l'éclairement, il faudra reconnaître l'action d'un second facteur qui ne pourra être que la qualité de la lumière.

J'ai commencé par me servir de la plaque photographique, en faisant tomber sur elle de la lumière ayant traversé des écrans faits avec mes papiers de couleur, et en comparant les figures, plus ou moins claires ou foncées, ainsi obtenues. De petits fragments de mes papiers ont été pour cela collés bout

à bout, dans l'ordre des rayons du spectre et ainsi photographiés. Sur la photographie ci-jointe on les voit placés sur deux rangs, le rouge étant en haut et à gauche. Cette photographie montre deux ordres de différences : celles de photogénie et celles de transparence des différents écrans. Ces deux facteurs ne peuvent pas être dissociés dans cette méthode. Les écrans dont la lumière a le plus influencé la plaque photographique sont ceux qui correspondent à la partie la plus réfrangible du spectre (vert bleuâtre, bleu, violet : et, comme ils constituent en même temps les milieux colorés qui attirent particulièrement les jeunes *Lepadogaster*, on pourrait en conclure que c'est la quantité de lumière seule qui agit. Mais cette conclusion est contredite par la considération des autres couleurs : de

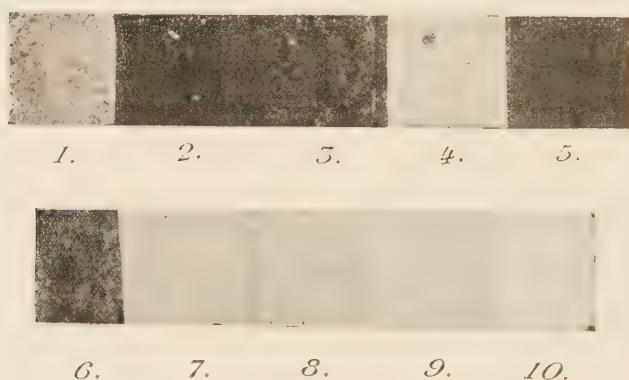


FIG. 14. — Ecrans colorés reproduits en photographie.

1, rouge ; 2, orangé foncé ; 3, orangé clair ; 4, jaune ; 5, vert jaunâtre ; 6, vert, 7, vert bleuâtre ; 8, bleu ; 9, violet ; 10, blanc.

l'orangé et du vert. Ces couleurs, surtout la dernière, sont toujours et très nettement préférées au rouge ; or, les écrans correspondants apparaissent sur la photographie comme beaucoup plus foncés. L'intervention d'un autre facteur reste donc probable.

Cette méthode de vérification n'autorise d'ailleurs pas des conclusions à elle seule, car on peut lui faire à juste titre cette objection que rien ne nous permet de rapprocher l'œil du poisson d'une plaque photographique et d'appliquer à l'un les résultats obtenus pour l'autre. Je me suis donc servi d'une autre méthode, capable de fournir des résultats plus concluants.

C'est le procédé connu qui consiste à placer un objet der-

rière un écran dont on peut faire varier le degré de transparence à volonté (dans mon cas, en prenant un nombre plus ou moins grand de couches de papier coloré) et à noter le moment où l'objet cesse d'être visible à travers cet écran. En plaçant une tige en bois derrière les écrans formés par les papiers employés dans mes expériences : *rouge, bleu, vert bleuâtre, vert pur, jaune*, je notais combien il fallait superposer de couches de chacun pour que la tige cesse d'être visible pour moi ¹. Si j'ai pris ces cinq couleurs, c'est parce qu'elles correspondent aux différences fondamentales dans le comportement des animaux ; j'ai ajouté le vert bleuâtre à cause de l'attraction spéciale qu'il semble exercer.

J'ai trouvé les nombres suivants de couches successives nécessaires pour rendre l'écran non transparent :

Papier rouge.	14	couches
— jaune.	19	—
— vert pur	7	—
— vert bleuâtre	11	—
— bleu	8	—

Les luminosités relatives étant proportionnelles à ces nombres, mes écrans se placent donc, par rapport aux quantités de lumière qu'ils laissent passer, dans l'ordre décroissant suivant : jaune, rouge, vert bleuâtre, bleu, vert pur.

Comme on le voit, cet ordre n'a rien de commun avec l'ordre des préférences constatées chez les jeunes *Lepidogaster*. Ainsi, une des réactions les plus nettes est chez eux la fuite du rouge vers le bleu ; si la quantité de lumière seule agissait, ils passeraient donc de la région la plus éclairée dans la région la moins éclairée. Or, c'est contraire à ce qu'on observe dans les conditions naturelles de l'éclairage, où ces poissons se groupent toujours du côté le plus éclairé du bassin. C'est contraire également à leur comportement dans d'autres combinaisons de couleurs, dans celle jaune-rouge par exemple, où du milieu rouge, moins éclairé (voir les chiffres) ils vont vers le milieu jaune, plus éclairé. C'est contraire aussi au fait que la combinaison vert-jaune ne provoque que des différences de compor-

1. On peut faire à ce procédé le reproche de l'analogie qu'il suppose entre les perceptions de mon œil, en ce qui concerne l'objet vu à travers les écrans colorés, et celles de l'œil du poisson. Mais *toutes* les méthodes employées jusqu'ici ont ce défaut, même celles de Frisch, la plus objective, car lui aussi apprécie la similitude et les différences de coloration du corps des poissons à l'œil humain.

tement relativement peu accentuées, tandis que la différence d'éclairement présentée par les écrans correspondants est la plus grande de toute la série (respectivement 7 et 19 couches).

Je crois donc pouvoir conclure des expériences qui précèdent que les *jeunes Lepadogaster*, ainsi que les *jeunes Gobi*, mais ces derniers à un degré moindre, présentent une sensibilité à l'égard des milieux colorés, avec une préférence pour les rayons les plus réfringibles. Ils montrent, en même temps, une attraction vers la lumière, ce qui confirme la conclusion de Vitus Graber que les deux tendances vers la lumière et vers les rayons les plus réfringibles (et inversement) marchent de pair.

J'ai évité à dessin dans cet exposé l'expression de « tropismes ». Les phénomènes observés par moi, s'ils sont tels que les auteurs décrivent généralement sous ce nom (phototropisme, chromotropisme) ne satisfont pas aux conditions posées pour les tropismes par J. Loeb. Le groupement des poissons ne peut aucunement s'expliquer par l'action inégale de la lumière sur les deux côtés du corps, inégalité qui obligerait l'animal à se placer de façon à ce que cette action arrive à s'exercer symétriquement des deux côtés : les poissons se massent dans une région colorée dans des *positions les plus variées* et non en se plaçant parallèlement les uns aux autres, comme cela aurait lieu dans l'orientation due à un tropisme. La seconde condition posée par Loeb : l'action exercée sur tous les individus sans exception, ne se réalise pas non plus : dans beaucoup d'expériences on trouve dans la région « préférée » non pas la *totalité* des poissons, mais seulement une *majorité*.

Les phénomènes observés ne peuvent donc s'appeler « tropismes » que si l'on n'entend par ce terme qu'une simple attraction par une force physique ou chimique.

TROISIÈME PARTIE

DÉVELOPPEMENT ONTOGÉNIQUE DES FACULTÉS PSYCHIQUES

Il est un côté de la psychologie animale qui a été très peu ou presque pas étudié : c'est le développement de la vie psychique depuis la naissance jusqu'à l'âge adulte. Cette étude a un intérêt double : au point de vue de la place de chaque fonction nerveuse et psychique (tropismes, associations, mémoire, instinct divers) dans le développement individuel et de leur hiérarchie et au point de vue de la comparaison entre l'évolution psychique et celle des caractères morphologiques. L'application de cette méthode « ontogénétique » est à l'heure actuelle encore dans l'enfance ; les connaissances qu'elle nous a procurées sont encore rudimentaires ; mais c'est le commencement de recherches qui promettent des résultats précieux.

Pour la première fois, ce point de vue a été introduit dans la psychologie animale par le biologiste russe W. WAGNER, dans un travail sur l'*Industrie des Aranéina*¹, publié en langue française, en 1894 ; depuis, l'idée a été reprise en France par G. BOHN. On se rend aisément compte des difficultés qu'offre l'étude systématique de l'évolution psychique des animaux, surtout des animaux inférieurs. Cependant, divers auteurs ont observé l'évolution des instincts et leur remplacement des uns par les autres chez des Araignées (WAGNER, BLACKWELL, F. POLLAK), les Termites (GRASSI), les chenilles et les différents Insectes (nombreux entomologistes). D'autre part, les instincts des jeunes Oiseaux (pous-

1. Dans les *Mémoires de l'Académie de Saint-Petersbourg*.

sins, cannetons, coucous, faisans) ont été étudiés par LI. MORGAN, T. MANN JONES, SPALDING, EIMER, A.-R. WALLACE, W.-H. HUDSON, JENNER, KNIGHT, WAGNER ; le développement psychique de quelques jeunes mammifères a également été décrit : par HUDSON pour les Ecureuils et les Cerfs des pampas, par JELATCHICH pour l'élan, par WATSON pour les souris blanches. Cette dernière étude est la plus systématique, ayant été faite jour par jour, depuis la naissance jusqu'à l'âge adulte et, de plus, ayant été rattachée à des variations concomitantes dans la structure du cerveau. Mais rien, à ma connaissance, n'a été fait jusqu'ici relativement aux Vertébrés inférieurs, particulièrement aux Poissons.

Les quelques observations que j'ai pu faire dans cet ordre d'idées ne constituent pas une étude approfondie ; le principal obstacle à une étude complète réside dans la difficulté de conserver pendant longtemps de jeunes poissons dans l'aquarium, surtout aux stades précoces : généralement les jeunes nés dans l'aquarium sont très fragiles les premiers jours après l'éclosion et, sur des centaines, on n'arrive à en conserver jusqu'à l'âge où les facultés psychiques se manifestent que quelques individus, ce qui est insuffisant pour fournir des conclusions. On est donc obligé de recourir à un moyen indirect : recueillir à la mer des jeunes de différents âges et les comparer entre eux. L'inconvénient de cette méthode est qu'on n'a pas affaire à un même individu à des stades successifs, mais à des individus qui peuvent présenter des différences individuelles dues à d'autres causes qu'à l'âge. Une autre difficulté, c'est qu'on ne connaît qu'approximativement l'âge des animaux ainsi étudiés. Sous ces réserves et en ajoutant que mes expériences et mes observations ont été faites sur des lots différents de poissons, formés d'individus assez nombreux dans chaque lot (une vingtaine en moyenne), je crois qu'il ne sera pas inutile d'en faire part, surtout vu l'absence totale d'autres observations analogues dans la littérature.

Mes observations ont eu surtout pour objet les jeunes du *Gobius minutus*, poisson que son existence littorale pendant toute sa vie rend plus propice à cette étude. L'étude des Epi-noches est rendue plus difficile par leurs migrations de l'eau douce, où elles éclosent, dans l'eau de mer ; celle des Plies, par l'existence d'un stade pélagique. Je parlerai donc principalement des *Gobius*, ne citant les autres qu'en ce que j'ai pu observer chez eux de remarquable au cours d'observations forcément incomplètes.

GOBIUS MINUTUS

A l'éclosion, les alevins se massent, dans leur aquarium, du côté le plus éclairé, celui tourné vers la fenêtre ; on les voit d'abord tous groupés dans un coin, puis, les jours suivants, ils se dispersent, mais en se tenant toujours dans la région la plus éclairée. En projetant de l'ombre sur une partie du bassin, on provoque leur déplacement immédiat vers la région restée éclairée. C'est également à cet âge qu'on constate cette sensibilité pour les lumières colorées et cette attraction exercée par certaines couleurs de préférence à d'autres dont il a été question dans la Partie II de ce travail.

Cette sensibilité à l'égard des milieux colorés, ne persiste que pendant quelques jours (3 à 6 jours chez les jeunes *Gobius*) ; on la voit ensuite disparaître. Celle pour le degré d'éclairement diminue aussi. Il est possible que, dans l'aquarium, cette disparition soit hâtée par l'affaiblissement général des jeunes poissons : c'est à ce moment d'ordinaire, qu'on les voit dépérir et qu'on est obligé, pour l'étude de l'âge suivant, de se tourner vers des individus plus âgés, nouvellement pris à la mer. Il ne m'est arrivé qu'une seule fois de conserver en aquarium deux jeunes *Gobius* pendant un peu plus de deux mois ; ils m'ont servi à titre d'éléments de comparaison pour estimer approximativement (car il est à supposer que leur augmentation de taille a été plus lente que chez les individus en liberté) l'âge des autres ¹.

A un mois, c'est-à-dire lorsque les poissons ont à peu près 1 centimètre de longueur, l'attraction exercée par la lumière est beaucoup diminuée : lorsque, maintenant, on couvre une partie de l'aquarium avec un écran, on voit bien encore les poissons se grouper dans la région éclairée, mais quelques heures

1. Un travail de E. SHANN sur la croissance du *Gobius minutus* donne quelques indications sur les tailles à différents âges. La reproduction se fait depuis le milieu d'avril jusqu'à la fin de septembre. Les jeunes mesurent à l'éclosion 1 mm. 5 ; au commencement du printemps, ils sont quelquefois de 3 à 4 cm. de longueur ; cette taille correspond donc à l'âge de 6 à 7 mois au moins. L'accroissement de taille est en moyenne de 4 à 5 mm. par mois, probablement plus rapide en été qu'en hiver et probablement aussi variant suivant les localités. A partir de 5 cm., les *Gobius* doivent être considérés comme adultes ; les plus grands que l'auteur ait vu étaient de 8 cm. de longueur et devaient avoir 15 ou 16 mois ; la durée totale de la vie doit être, d'après lui, de deux ans à peu près.

après, la distribution devient moins nette ; quelquefois même les poissons se distribuent uniformément dans tout le bassin. A cet âge, ou un peu plus tard (longueur correspondante : 1 cm. à 1 cm. 5) les jeunes *Gobius* commencent à prendre l'aspect général des adultes et à nager comme eux, en sautillant le long des parois de l'aquarium.

C'est à ce moment qu'on peut observer chez eux les premières manifestations de la vie psychique — si, du moins, on ne considère déjà comme telle l'attraction exercée par la lumière. Certains poissons montrent alors un mouvement de fuite à la vue d'un objet étranger (un tube de verre, une pince) brusquement plongé dans l'eau, mais il y a à cet égard des différences individuelles et des développements plus ou moins précoces. C'est à ce moment, en tous cas, qu'il faut placer les premières manifestations de la *peur*.

La *chasse à la proie* n'existe pas encore : placés devant une éprouvette contenant du plancton, les jeunes poissons ne cherchent pas à s'en emparer ; lorsque les petites larves du plancton s'échappent, ils ne les poursuivent pas, bien que n'ayant reçu aucune autre nourriture. Ils ne prennent leur proie que s'ils la rencontrent, attrapant aussi bien des grains de sable ou d'autres particules non-alimentaires, qu'ils rejettent après.

A l'âge suivant, deux mois à peu près (ce qui correspond, pour mes *Gobius*, à une taille d'environ 2 cent.), l'attraction exercée par la lumière disparaît complètement. Le comportement des jeunes se rapproche de plus en plus de celui des adultes : on les voit maintenant souvent rester sur le fond de sable, tandis que les poissons plus jeunes nagent toujours entre deux eaux, sans descendre au fond.

C'est à cet âge également qu'il m'est arrivé d'observer ce que j'appelle la *curiosité*, faute d'un mot mieux approprié : les jeunes poissons viennent examiner les objets nouveaux qu'on plonge dans l'eau, si on prend la précaution de le faire doucement, de façon à ne pas effrayer les animaux.

Lorsque les poissons sont plus âgés encore (d'une longueur de 2 à 3 cent.), on peut constater plus nettement certaines fonctions psychiques. Les expériences que j'ai faites à ce moment avec divers fonds colorés ne m'ont donné que des résultats très peu marqués ; en revanche, on voit se développer certains *instincts*. Ainsi, la *peur* s'accroît de plus en plus : l'apparition brusque d'un objet inconnu provoque une fuite rapide ; chez les plus

âgés on constate aussi une autre manifestation de la peur, qui est très fréquente chez l'adulte : le poisson *s'ensable* et s'immobilise, de façon à devenir, par suite de sa coloration rappelant de près celle du sable, presque invisible ; en regardant de très près, on peut alors distinguer les yeux, très mobiles, du poisson, et c'est tout. La façon dont cet instinct arrive à se manifester est à noter. Les jeunes poissons commencent par faire les mouvements nécessaires sans se préoccuper de leur utilité : ainsi, ils exécutent, même dans un endroit dépourvu de sable, tous les mouvements que fait un adulte pour s'ensabler. Ce mode de développement des actes instinctifs paraît, d'ailleurs, être la règle : les jeunes oiseaux, avant d'arriver à se baigner, font les mouvements correspondants à sec. Les choses se passent comme s'il y avait dans l'instinct deux parties. Il y a d'abord la part héréditaire, qui fait qu'un animal, arrivé à un âge déterminé, commence à exécuter certains actes, sans rapport aucun avec leur utilité. Mais les conditions de son milieu sont telles que, parmi le grand nombre d'actes semblables répétés, un certain nombre se combineront fortuitement avec une circonstance favorable : le *Gobius*, dans son milieu, est forcé de rencontrer le sable, un jeune oiseau rencontre toujours de l'eau à un moment donné, etc. Il peut en résulter une expérience individuelle qui crée une association entre l'acte et la condition où cet acte devient utile : cette association, en se répétant souvent, s'établit si solidement qu'elle exclut à la fin la répétition d'actes inutiles.

L'instinct de la conservation, qui se manifeste dans la peur, est évidemment héréditaire : la peur s'observe chez des jeunes poissons élevés dans un bac en dehors de toute présence d'adultes et sans qu'aucune expérience personnelle de sensations désagréables leur ait appris à redouter l'agitation brusque de l'eau (car il semble que c'est cette agitation qui est crainte plutôt que l'aspect de l'objet inconnu).

Au même âge (2 à 3 mois), les jeunes *Gobius* commencent à faire la chasse à leurs proies. D'abord, tout ce qui remue est happé indistinctement, et aussi de préférence les objets suspendus dans l'eau et non ceux qui se trouvent au fond. Ainsi, une *Mysis*, la proie habituelle, est attrapée lorsqu'on la plonge dans l'eau en la tenant avec une pince, mais si on la laisse tomber au fond, les poissons ne la poursuivent pas. Ensuite, peu à peu ils apprennent à distinguer la véritable proie des objets non alimentaires.

Il existe une opinion d'après laquelle le moment où un animal commence à faire la chasse est aussi celui où on peut constater chez lui pour la première fois des fonctions psychiques, se manifestant par la *mémoire* et les *processus associatifs*. Dans la mesure où j'ai pu observer le développement psychique des jeunes *Gobius*, il me semble que les manifestations instinctives (celles de la peur par exemple) se montrent à un âge où rien ne permet encore de constater la présence de la mémoire associative, et cependant ce sont là incontestablement des manifestations de la vie psychique. Il est possible, d'ailleurs, que les processus associatifs, c'est-à-dire l'établissement d'un lien entre un réflexe inné et une réaction acquise ou entre deux réactions acquises, existent à ce stade également, sans que nous ayons trouvé le moyen de les déceler ; mais en nous en tenant aux résultats expérimentaux, il serait téméraire de l'affirmer. Dans le développement tel que les expériences le montrent, la vie psychique des jeunes *Gobius* se manifeste *d'abord* par des réactions instinctives, notamment celle de la peur, ensuite par des actes où l'association intervient.

Parmi ces actes, la *chasse à la proie* est à la première place, et ici le lien établi paraît plus justifié, à moins cependant que cela ne soit dû à l'imperfection de nos moyens d'investigation et que nous n'arrivions à constater de la mémoire associative simultanément avec la chasse à la proie que parce que cette dernière faculté est le moyen qui nous permet de découvrir et d'étudier la première.

Quoi qu'il en soit, c'est à l'âge de 2 à 3 mois qu'on peut commencer les expériences sur la *mémoire*. En plongeant dans l'eau une pince colorée tenant une proie, on voit les jeunes *Gobius* s'approcher pour la saisir ; une pince vide, plongée ensuite, les attirera encore. En plaçant sur le fond une éprouvette bouchée contenant du plancton, on voit les poissons se grouper autour d'elle ; si on enlève le bouchon, les petits animaux du plancton s'échappent et les poissons les attrapent. Une éprouvette vide, placée ensuite au même endroit, les attire de nouveau. Mais comme il faut ici tenir compte de la « curiosité », fréquente chez tous les jeunes poissons, une expérience plus précise est nécessaire.

Dans une cuvette habitée par une vingtaine de jeunes *Gobius*, je place deux petites éprouvettes contenant du plancton et, entre elles, un tube de verre rouge qui doit servir comme signe de

reconnaissance. Lorsque je juge que les poissons ont suffisamment longtemps circulé autour de ces objets, happant le plancton qui s'échappait des éprouvettes, j'enlève le tout. Le lendemain je place dans la cuvette, d'une part, le même ensemble, formé de deux éprouvettes et d'un tube de verre rouge (cette fois les éprouvettes étant vides), d'autre part, différents autres objets : un tube d'une autre couleur, une pince. Les poissons commencent par se diriger vers tous ces objets indistinctement, mais ensuite l'ensemble des deux éprouvettes avec le tube rouge est visiblement *reconnu*, car tous se concentrent autour de lui.

Pour vérifier jusqu'où peuvent aller la reconnaissance et le souvenir, j'enlève tous les objets et, le lendemain, je place dans la cuvette, toujours sans aucune proie, deux objets offrant entre eux une ressemblance plus grande : l'ensemble déjà connu de deux éprouvettes accompagnées d'un tube rouge et deux éprouvettes semblables et placées de la même façon côte à côte, mais sans tube de couleur. La différence est ainsi plus difficile à saisir. Or, après le mouvement de « curiosité » ordinaire vers les deux groupes d'objets, je vois tous les poissons se concentrer, comme dans l'expérience précédente, autour des objets connus. Le jour suivant, même résultat ; le souvenir persiste donc.

Des expériences semblables, avec des variations dans la couleur, la forme et l'emplacement des objets, ont été faites par moi un grand nombre de fois, sur divers lots de poissons et toujours avec le même résultat. Je crois inutile de les détailler ici, car elles ont déjà trouvé leur place, avec toutes les autres expériences sur la mémoire, dans la Partie I de ce travail, qui traite de cette question.

Je dois cependant ajouter que les jeunes offrent, dans les réactions par lesquelles le souvenir se manifeste, certains traits qui les distinguent des adultes. Leurs mouvements montrent moins d'ensemble, l'attention paraît dispersée, la poursuite du but est moins systématique et moins obstinée. Les expériences faites avec eux fournissent toujours des résultats moins exacts que ceux qui ont pour objet les adultes.

C'est à ce même âge, correspondant à une longueur de 2 à 3 centimètres, qu'on peut observer les premières manifestations d'un instinct lié à la vie sexuelle des *Gobius*, c'est-à-dire de l'instinct spécial qui pousse le mâle à se tenir sous une coquille

vide, renversée, au fond de laquelle la femelle a déposé ses œufs. Lorsqu'on garde des jeunes *Gobius* de cet âge dans un aquarium avec un fond de sable, sur lequel se trouvent quelques coquilles renversées, il arrive fréquemment de voir certains individus se placer sur ces coquilles, le corps appliqué à la surface et légèrement recourbé, dans l'attitude caractéristique que prennent les adultes avant de s'installer définitivement dans leur coquille, lorsque cette coquille n'a pas encore été convenablement aménagée, c'est-à-dire ensablée, ou qu'elle a été accidentellement retournée. Parmi les jeunes poissons, certains, les plus grands, ne se bornent pas à rester sur le toit de la coquille renversée, mais s'engagent sous ce toit et y restent dans la même attitude que les adultes, c'est-à-dire profondément enfoncés, la tête seule apparaissant au bord. Cependant, à cet âge les *Gobius* ne savent encore ni ensabler leurs coquilles, ni les retourner lorsqu'elles ont été placées l'ouverture en haut. Pour qu'ils s'y abritent, il faut qu'ils trouvent la coquille toute prête, placée dans la situation nécessaire.

La première question qui se pose relativement à l'apparition de cet instinct, c'est de savoir si elle est concomitante avec celle de l'instinct sexuel. D'après le travail de E. Shann, déjà cité, la maturité sexuelle ne serait atteinte qu'après une année de vie, ce qui correspond à une taille de 4 cm. 3 de longueur au moins et, dans la plupart des cas, à 3 centimètres. Cela indiquerait que les individus en ma possession n'étaient pas sexuellement mûrs au moment où se manifestait chez eux cet instinct secondaire. Cette conclusion est corroborée indirectement par l'observation suivante.

Dans une cuvette contenant un *Gobius* mâle adulte et un jeune, tous les deux placés sous des coquilles, mais le dernier moins constamment que le premier, je mets une femelle gonflée d'œufs. Le *Gobius* adulte montre les plus grands signes d'excitation : il devient noir, ses nageoires se hérissent, il respire péniblement. Je le vois sortir de sa coquille, se diriger vers la femelle, la heurter de son museau, puis retourner à sa demeure. La femelle le suit et tous les deux s'enfoncent dans la coquille. Quelques temps après, la femelle en ressort, déjà dégonflée, et va se poser sous une troisième coquille qui se trouve dans la cuvette pour peu de temps d'ailleurs, car les femelles, en général, ne possèdent pas cette habitude). Pendant tout le temps que durait ce manège, le jeune placé sous la coquille ne faisait

aucune attention à la femelle introduite. Cela montre que l'instinct sexuel n'était pas encore éveillé chez lui, tandis que l'instinct secondaire qui lui est lié se manifestait déjà.

AUTRES POISSONS

Les autres jeunes poissons que j'ai pu observer ne m'ont fourni que des résultats fragmentaires.

Les Plies commencent à se prêter aux expériences sur la *mémoire* à peu près au même âge que les *Gobius* (2 à 3 mois); c'est à cet âge également qu'on peut constater chez elles des manifestations de la *peur*.

Plus intéressante est la comparaison avec les jeunes *Syngnathes*. Ces poissons paraissent sortir du sac incubateur du mâle à un stade plus évolué que les jeunes *Gobius* à leur éclosion. Il est aussi difficile de les conserver longtemps dans l'aquarium, mais l'inconvénient est ici beaucoup moindre car les différentes phases sont parcourues incomparablement plus vite.

Aux premiers jours de leur sortie de la poche incubatrice, les *Syngnathes* montrent une certaine sensibilité vis-à-vis de la lumière colorée : ainsi, dans une cuvette enveloppée par moitié de papier blanc et de papier rouge, les *Syngnathes* de 2 jours se groupent de préférence dans la partie blanche; dans les mêmes conditions, le bleu est préféré au rouge. Mais, à l'inverse de ce qu'on voit chez les *Gobius* et les *Lepadogaster*, ces poissons *s'habituent* assez rapidement au milieu coloré et au bout de deux ou trois heures leur distribution dans la cuvette redevient uniforme. Au contraire, le degré d'éclairement ne semble pas avoir d'influence sur eux, bien qu'à première vue on puisse croire le contraire. Les jeunes *Syngnathes* se tiennent habituellement au milieu de touffes de petites algues filiformes dans lesquelles ils sont entrelacés et dont on les distingue quelquefois avec peine. Et comme ces algues croissent, dans les aquariums, surtout du côté tourné vers la lumière, les jeunes *Syngnathes* paraissent ainsi rechercher cette dernière. Mais, en réalité, il n'en est rien : une petite touffe d'algues ayant poussé sur un débris de coquille, j'ai pu transporter cette touffe, avec tous les jeunes *Syngnathes* qu'elle abritait, dans les parties les plus différentes de l'aquarium sans que les poissons la quittent pour aller vers des parties plus éclairées.

Dès les premiers jours, on peut voir ces poissons apprendre

à distinguer leur *proie* des objets non alimentaires. Comme les *Gobius*, ils commencent par attraper dans l'eau des particules quelconques pour rejeter ensuite celles qui ne peuvent pas servir de nourriture, mais très rapidement (2 à 6 jours après la sortie du sac incubateur) la proie commence à être reconnue : les jeunes Syngnathes se réunissent en masse auprès d'une éprouvette fermée contenant du plancton et passent des heures dans son voisinage, sans faire attention aux autres particules, pourtant plus accessibles, qui flottent dans l'eau.

Vers le cinquième et le sixième jour, on peut voir se manifester la *curiosité*. Les jeunes poissons s'approchent des objets nouveaux, les touchent avec leur museau ; quelquefois, lorsque la forme des objets s'y prête, ils s'enroulent autour d'eux.

A la même période de leur vie, les Syngnathes commencent à manifester la *crainte* des objets brusquement plongés dans l'eau ou qui remuent (p. ex. une *Mysis* vivante), tandis que pendant les tout premiers jours ils se laissaient même prendre sans faire aucune tentative de fuir. Cette crainte augmente avec l'âge : à un mois les poissons fuient avec une grande rapidité.

En même temps que la *curiosité* et la *crainte*, on peut voir se manifester chez ces poissons des phénomènes de mémoire. Les expériences qui s'y rapportent ont été exposées dans la Première partie de mon travail ; je rappellerai seulement ici que les premières ont été faites sur des jeunes Syngnathes sortis depuis cinq jours seulement de la poche incubatrice.

Ayant acquis de si bonne heure toutes les facultés psychiques qu'ils présenteront plus tard, ces poissons ne montrent ensuite que peu de modifications dans leur comportement. Leur croissance est très lente : au bout de trois mois, de juin à septembre, un jeune Syngnathe n'acquiert pas plus de deux fois sa longueur et son épaisseur primitives. Les Syngnathes adultes ont des réactions très lentes et se prêtent très mal aux expériences psychologiques.

CONCLUSIONS

Les conclusions qui me paraissent découler de ces quelques observations sur *l'ontogénie psychologique* sont les suivantes :

1° Les tropismes — non pas dans le sens exact que donne à ce terme Loeb, mais dans le sens d'une réaction aux degrés d'éclai-

rement ou aux différences de couleur — n'interviennent chez les poissons que dans le tout jeune âge ;

2° Passé ce stade, les phénomènes observés sont purement psychologiques ;

3° Leur apparition est plus ou moins précoce suivant les espèces (les *Gobius* d'une part, les Syngnathes de l'autre). Il semble toutefois que l'habitat commun et les conditions générales identiques du milieu environnant fixent ce moment à une époque approximativement la même (indications concordantes sur le moment des premières manifestations de la peur et aussi de la mémoire chez le jeune *Gobius* et la jeune *Plie*).

4° La peur ne se manifeste pas à la naissance, mais n'est pas non plus le résultat de l'expérience individuelle. C'est un *instinct* qui apparaît héréditairement à un moment donné de l'évolution de l'individu. Mais ses *manifestations* (telles que l'aptitude à s'ensabler, se développent graduellement et se perfectionnent ;

5° La *chasse à la proie* comprend, d'une part, des actes instinctifs fixés par l'hérédité (mouvements pour happer tout ce qui nage ou qui remue), d'autre part, des résultats de l'expérience individuelle, qui rendent ces actes instinctifs conformes au but ;

6° L'instinct lié à la vie sexuelle et se rapportant au séjour des *Gobius* mâles sous des abris (coquilles) auxquels la ponte est fixée intérieurement, apparaît avant l'instinct sexuel. Il apparaît en bloc en ce qui concerne la tendance à s'abriter, mais ses facultés accessoires, telles que l'ensablement et le retournement de la coquille etc., ne se développent que graduellement.

..

Un auteur qui s'est beaucoup occupé du développement des instincts, W. Wagner, pose comme principe que les instincts n'évoluent pas, mais apparaissent en bloc, dans toute leur perfection, ce qui les distingue essentiellement des facultés supérieures qui se développent progressivement. Mes observations confirment-elles cette généralisation ?

En ce qui concerne la *chasse à la proie*, les jeunes poissons montrent à un moment donné la tendance à happer toutes les particules qui nagent ou remuent dans l'eau : c'est cela qui constitue la première manifestation de l'instinct. Vient ensuite

la distinction entre les objets alimentaires et non-alimentaires, qui, elle, se développe et se perfectionne graduellement.

La *peur* se montre à un moment donné et elle augmente avec l'âge.

L'*aptitude à s'ensabler* apparaît en bloc, si on ne considère que les mouvements à effectuer ; mais elle ne devient efficace que lorsque le *Gobius* a appris à choisir son milieu et à distinguer un fond de sable d'un fond de verre, par exemple.

L'instinct qui pousse le *Gobius* à *se placer sous des coquilles* apparaît, de même, en bloc, à un âge déterminé, mais ses applications qui assurent l'installation d'une demeure commode (ensablement de la coquille, sa remise dans la situation primitive lorsqu'elle a été retournée) se développent graduellement, au fur et à mesure de l'expérience individuelle.

Il semble donc qu'en effet, l'instinct lui-même apparaît en bloc, mais il y a cependant en lui une évolution, dans ce sens qu'il utilise de plus en plus les résultats fournis par les facultés supérieures, celle de profiter de l'expérience en particulier, et c'est cela qui assure, par élimination des réactions inutiles, la conformité au but des actes instinctifs.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Au cours de tout l'exposé précédent, j'ai employé les termes de « mémoire », « souvenir », « oubli », « association », etc., termes empruntés à la psychologie humaine et appliqués aux animaux en vertu d'une analogie supposée entre leurs processus psychiques et les nôtres. On sait que, en dehors de la théorie des tropismes, qui ne s'applique, en tant qu'explication unique, qu'aux animaux inférieurs, deux écoles se partagent actuellement la psychologie animale. La première est l'école qui étudie le comportement (behavior) des animaux (école représentée surtout par les savants américains) et qui ne répudie pas cette analogie, tout en cherchant à donner un caractère objectif à ses recherches; elle y arrive en laissant de côté la question de *conscience* et tout ce que fournit la méthode introspective. La seconde est l'école physiologique, qui se fonde sur les travaux de Pavlov et de ses élèves. Tandis que la première emploie le langage psychologique ordinaire, la seconde traduit les phénomènes en termes de physiologie nerveuse pure. Les phénomènes étudiés et les méthodes employées sont essentiellement les mêmes, mais le point de vue dont les faits sont examinés est très différent, et les conclusions philosophiques finales peut-être plus différentes encore.

Exposées dans les termes de l'école physiologique, les résultats de mes expériences pourraient être résumés ainsi :

Les poissons sont capables de réflexes conditionnels d'ordre moteur ; le mécanisme analyseur de ces réflexes se manifeste surtout dans la différenciation de la place, de la forme et de la couleur ; l'analyseur est plus parfait pour la première que pour la seconde et plus parfait pour la seconde que pour la troisième. Ces réflexes conditionnels sont au bout de quelque temps inhibés par la tendance naturelle à l'enrayement qui est le propre de ces réflexes ; pour que cela ne se produise pas, le réflexe conditionnel doit être étayé de temps en temps par le

réflexe inconditionnel. Un réflexe conditionnel éteint peut réapparaître sous l'influence d'agents accessoires ; c'est le « désenrayement » ¹. Nous pourrions ajouter encore que le mécanisme des analyseurs nous montre, de la part des jeunes poissons aux premiers jours de leur vie, une différenciation des couleurs assez délicate, mais que plus tard ce mécanisme analyseur ne peut plus être utilisé que sous la forme du réflexe conditionnel, nécessitant la production préalable d'un réflexe inconditionnel.

Que gagnerions-nous à employer ce langage, si ce n'est d'éviter le reproche de nous servir d'une terminologie empruntée à la psychologie humaine et dont l'application aux Vertébrés aussi inférieurs que les Poissons peut être cause des erreurs ? Il est certain que les mêmes mots peuvent ne pas avoir la même signification. Ainsi, le terme d'*association*, est-il rigoureusement juste de l'introduire ici ? Les animaux qui nous occupent n'ayant probablement pas la faculté de constater des différences et des ressemblances et de différencier l'objet perçu du milieu environnant, de l'individualiser, — peut-on parler d'« association », terme qui suppose l'existence de deux notions reconnues comme différentes ? Lorsque nous disons que, dans le cerveau du poisson, une « association » se forme, par exemple entre une sensation de couleur et une sensation gustative, les deux notions ne sont différentes et ne sont *associées* que pour nous et par nous : pour le poisson, elles forment très probablement un bloc. L'« association » la plus stable et la plus primitive est celle entre le goût de la nourriture et son aspect : elle est fixée chez l'animal héréditairement et se manifeste toujours, mais en réalité, le goût et l'aspect de la proie ne sont pas reconnus par le poisson comme deux propriétés différentes : la proie toute entière forme un bloc. Lorsque à ce bloc nous ajoutons expérimentalement un troisième élément, tel que l'aspect de la pince qui tient cette proie, cet élément devient partie intégrante de ce bloc, dont le poisson ne le sépare pas. La séparation n'existe que pour nous, et l'association également. S'ensuit-il que nous devions renoncer à employer ce terme et chercher pour ce phénomène cérébral un nom nouveau ? Peut-être serait-ce utile si ce nom nouveau ne devait ni être emprunté à la même psychologie humaine et entraîner, par conséquent, les mêmes incon-

1. Pavlov dit : « Un désenrayement à l'enrayement de l'excitant conditionnel » (j'emprunte la terminologie française à l'exposé fait par M^{me} Dontchef-Dezeuze : *L'image et les réflexes conditionnels dans les travaux de Pavlov*).

vénients, ni rendre moins claire l'idée que nous nous faisons du phénomène.

Si, avec l'école physiologique, nous remplaçons le terme « association » par celui de « réflexe conditionnel », nous évitons, sinon le dernier danger, du moins le premier : nous gardons notre conscience tranquille et nous nous sentons sûrs de ne pas nous engager sur le terrain mouvant de l'anthropomorphisme. C'est vrai, mais le but de la recherche scientifique est-il de donner au chercheur la tranquillité d'esprit ? A ce titre, rien ne vaudrait un exposé impartial des faits incontestables qu'aucune hypothèse générale n'accompagnerait : aucun reproche de dépasser la certitude ne nous menacerait alors. Oui, l'école physiologique nous fournit un très bon procédé objectif pour décrire les faits, mais que nous donne-t-elle en dehors de cette description ? Nous fait-elle entrevoir, même dans une faible mesure, comment ce langage physiologique objectif peut s'appliquer à la description des processus psychologiques humains, de ce que nous sommes obligés de reconnaître comme mémoire, processus associatifs, etc. ?

L'école physiologique n'a pas fait jusqu'à présent des tentatives dans ce sens : elle s'est bornée à l'étude des phénomènes relativement très simple chez le chien. Et là elle a obtenu des résultats précieux. Mais, pour recevoir une application psychologique, la théorie des réflexes doit expliquer comment et à quel degré de l'échelle animale ces réflexes se transforment en phénomènes conscients. Déniant les phénomènes psychologiques d'ordre supérieur aux réflexes, même aux animaux aussi haut placés que les Mammifères, ou, du moins, négligeant volontairement leur étude, l'école physiologique admet implicitement que ces processus supérieurs existent chez l'Homme seul. Elle se refuse à chercher leurs racines chez les êtres moins parfaits et creuse dans le domaine psychologique cet abîme entre l'homme et les animaux que la théorie évolutionniste est parvenue à combler dans le domaine morphologique. A ce point de vue, croyant faire faire à la science un grand pas en avant dans le sens d'une explication mécaniste des phénomènes vitaux, l'école physiologique lui fait faire inconsciemment un pas en arrière et ouvre la porte toute grande aux conclusions spiritualistes.

C'est pour cette raison que, malgré tous les avantages d'un langage purement physiologique et tout l'attrait d'une terminologie qui ne prête à aucune ambiguïté, nous avons préféré

maintenir au cours de ce travail le mode de description psychologique. Les « associations » que peut former un cerveau de poisson sont certainement très éloignées de ce que nous entendons par ce terme pour nous ; mais ce qui est non moins certain, à notre point de vue, c'est que ce phénomène auquel nous n'avons pas pu trouver d'autre nom est *quelque chose d'où les véritables associations sont nées plus tard au cours de l'évolution*. — De même pour ces phénomènes que nous avons décrits comme « rétention par la mémoire » : déjà le manque probable de l'individualisation de l'objet rend cette mémoire extrêmement différente de celle de l'Homme ; mais il n'en est pas moins vrai que c'est aux dépens de ce rudiment de mémoire et aux dépens de lui seulement qu'a pu se développer la mémoire humaine avec toute sa richesse. Et de même pour tous les autres phénomènes, jusqu'à la généralisation et à l'abstraction la plus parfaite, qui ne peuvent être fondées que sur les associations, lesquelles, à leur tour, doivent avoir des racines quelque part aux degrés inférieurs du développement cérébral.

Ce point de vue évolutif est ce qui donne à l'étude de la psychologie comparée son sens et son intérêt philosophique ; c'est aussi ce qui en fait une des bases scientifiques de la psychologie humaine. C'est à maintenir et à appliquer ce point de vue aux recherches que doit tendre la psychologie animale ; le sacrifier pour l'intérêt très réel, mais secondaire, d'une terminologie plus exacte serait laisser échapper un but plus grand pour un plus petit. C'est pourquoi nous avons préféré courir un risque intellectuel en adoptant par avance certaines analogies hypothétiques, que de nous borner à une description exacte de phénomènes dans un langage irréprochable, mais qui nous fermerait toute vue sur l'avenir.

Bibliographie générale

- ABUNDO (G. d'). — *La physiopathologie de la couche optique* (Arch. ital. biol., LIII, 321-396, 1910).
- ANGELL (James R.). — *Behavior as a category of psychology* (Psych. Rev., XX, 1913, 255-270).
- BAUER (V.). — *Ueber das Farbenunterscheidungsvermögen der Fische* (Arch. ges. Physiol., CXXXIII, 1910, p. 7-26).
- BECHTÉREW (W.). — *La psychologie objective (trad. du russe)* (Paris, Alcan, 1913, 480 pp.).
- a) BOHN (G.). — *Introduction à la psychologie des animaux à symétrie rayonnée* (Bull. Inst. Gen. Psychol., 1908, n° 1).
- b) — — *La naissance de l'intelligence* (Paris, Flammarion, 1909, 350 pp.).
- CATOIS. — *Recherches sur l'histologie et l'anatomie microscopique de l'encéphale chez les Poissons* (Thèse, Paris, 1901).
- COLE (F.-J.) and JOHNSTONE (J.). — *Liverpool Marine Biology Committee. Mémoires on typical British Marine plants and animals. VIII. Pleuronectes*, 1901.
- Comptes-Rendus du VI^e Congrès international de psychologie, 1909, Genève. Discussion sur les tropismes* (Genève, 1910, p. 281).
- DANTAN (L.). — *La mémoire chez les Poissons* (Bull. Inst. Psychol., 1904, n° 4, p. 373-379. Discussion, *ibid*).
- DONTCHEF-DEZEUZE (MARCELLE). — *L'image et les réflexes conditionnels dans les travaux de Pavlov* (Paris, Alcan, 1914, 176 p.).
- a) EDINGER (L.). — *Les poissons possèdent-ils de la mémoire? Questionnaire* (Rev. Philos., XLIII, 1897, p. 336).
- b) — — *Haben die Fische ein Gedächtniss?* (Allg. Zeitung, Beilage, 1-5, 2-6, 21 et 23 oct. 1899; Smithsonian Report, 1899, p. 375).
- c) — — *Die Beziehungen der vergleichenden Anatomie zur vergleichenden Psychologie* (Ber. über den III Kongress f. exper. Psychol., 1908, Francfurth).
- d) — — *Ueber das Hören de Fischer und anderer niederer Vertebraten* (Zentralbl. f. Physiol., XII, 1908, p. 1-4).
- EDINGER (L.) und FISCHER (B.). — *Ein Mensch ohne Gehirn* (Pflüger's Arch., CLII, 1913, p. 535).

- a) FRANZ (V.). — *Einige Versuche zur Biologie der Fischlarven* (Intern. Rev. d. ges. Hydrobiol. u. Hydrograph, II, 1909).
- b) — — *Phototaxis und Wanderung nach Versuchen mit Jungfischen und Fischlarven* (Ibid., III, 1910).
- a) FRISCH (K. von). — *Ueber den Farbensinn der Fische* (Verh. deutsch. Zool. Ges., 1911).
- b) — — *Ueber färbige Anpassung bei Fischen* (Zool. Jahrb., XXXII bis, 1912, p. 171-225).
- a) GOLDSMITH (M.). — *Recherches sur la psychologie de quelques poissons littoraux* (Bull. Inst. Psychol., 1905, n° 1).
- b) — — *Contribution à l'étude de la mémoire chez les poissons* (Ibid., N° 2, 1912).
- a) GRABER (Vitus). — *Grundlinien zur Erforschung des Helligkeits- und Farbensinnes der Tiere* (Prag und Leipzig, 1884).
- b) — — *Ueber die Helligkeits- und Farbenempfindlichkeit einiger Meerthiere* (S B. Akad. Wiss. Wien., 91 vol., 1885, 129-150).
- GUITEL (F.). — *Observations sur les mœurs de Gobius minutus* (Arch. Zool. Exper., ser. 2, vol. X, p. 499).
- HERRICK (G. Judson). — *Some reflexions on the origin and significance of the cerebral cortex* (Journ. of animal Behavior, III, 1913, p. 222-236).
- a) HESS (C.). — *Untersuchungen über den Lichtsinn bei Fischen* (Arch. f. Augenheilkunde, LXIV, 1909, Ergänzungsheft).
- b) — — *Untersuchungen zur Frage nach dem Vorkommen von Farbensinn bei Fischen* (Zool. Jahrb., Allg. Zool. u. Physiol., XXXI, 4, 1912, p. 629-646).
- LOEB (J.). — *La conception mécanique de la vie* (Paris, Alcan, 1914, 302 pp.).
- Mc DOUGALL. — *Psychology. The study of Behavior* (London, Williams and Norgate, 1912).
- MAC INTOSH (W. C.). — *Note on the Memory of Fishes* (Journal of mental science, XLIV, 1898).
- MINKIEWICZ (R.). — *Recherches sur la formation des habitudes, le sens des couleurs et la mémoire chez les Poissons* (Annales de l'Inst. Océanogr., V, 1912, fas. 4).
- MÖBIUS (K.). — *Die Bewegungen der Tiere und ihr psychischer Horizont* (Schrift. der naturforschend. Vereins für Schleswig Holstein, 1873, I, 113 et suiv.).
- MORGAN (C. LLOYD). — *An introduction to comparative psychology* (London, 1894, 382 pp.).
- NAGEOTTE (J.). — *L'écorce cérébrale et la carte du cerveau* (Biologica, n° 36, 1913, 353-372, 34 fig.).
- a) OXNER (M.). — *Expériences sur la nature de la mémoire chez Coris julis Gtho.* (C. R. Ac. Sc., 29 avril 1912).

- b) — — *Nouvelles expériences sur la nature de la mémoire chez Coris julis Gtho., exécutées d'après la méthode de la substitution* (Ibid., 13 mai).
- c) — — *Résultats des expériences sur la mémoire, sa durée et sa nature chez les poissons marins : Coris julis Gtho. et Serranus scribe Cuv.* (Bull. Inst. Océanogr., n° 232, 1912).
- PAGANO (G.). — *Les effets de l'excitation des noyaux opto-striés chez les chiens* (Arch. Ital. Biol., XLVI, 1906, 366).
- PARVILLE. — *Les poissons possèdent-ils de la mémoire ?* (La Nature, XXV, 1897, p. 294-295).
- a) PAVLOV (J.). — *Les sciences naturelles et le cerveau* (Journ. de psychologie, 1912, janvier-février).
- b) — — *Die Erforschung der höheren Nerventätigkeit* (IX^e Congrès intern. de physiologie, Groningue, sept. 1913).
- a) PIÉRON (H.). — *Contribution à l'étude des phénomènes sensoriels et du comportement des Vertébrés inférieurs* (Bull. Inst. Psychol., 1908, n° 4, p. 323, Discussion, ibid.).
- b) — — *L'évolution de la mémoire* (Paris, Flammarion, 1910, 355 pp.).
- a) REIGHARD (J.). — *An experimental Study of color, discrimination, association and memory in the Gray Snapper Lutianus griseus (Lin.) and of warning coloration in coral-reef Fishes* (6th. Yearb. Carn. Inst., 1907, 117-118).
- b) — — *An experimental field study of warning coloration in coral-reef fishes* (Pap. Tortugas Lab. Carn. Inst., II, 257-325).
- ROTHMANN (MAX). — *Der Hund ohne Grosshirn.* (Congr. intern. de médecine, Budapest, 1909).
- SHANN (E.). — *Some notes on the life history and rate of growth in Gobius minutus* (Ann. Mag. Nat. hist., 8^e sér., 1910, vol. V, n° 27, 217-239).
- a) THORNDIKE (E.). — *Animal intelligence. On experimental study of the associative processes in animals* (Psychol. Rev., Monogr. suppl., VIII, 1898, 109 pp.).
- b) — — *Some experiments on animal intelligence* (Science, 1898, p. 818-824).
- c) — — *A note on the psychology of fishes* (Amer. Naturalist, XXXIII, 1899, p. 923).
- TRIPLETT. — *The Educability of the perch.* (Amer. Journ. psychol., 1901, XII, 354 et suiv.).
- UHLENHUTH. — *Zur Untersuchung des Farbensinnes* (Biol. Centralbl., 1911, p. 767-771).
- VOGT (OSKAR). — *L'architecture et les localisations corticales* (Rev. Neurologique, XXVI, 1913, 637-640).

- a) WAGNER (W.). — *Industrie des Araneina* (Mem. Acad. Imp. Sc. Saint-Petersbourg, VII ser., vol. XLII).
- b) — — *Psycho-biologische Untersuchungen an Hummeln mit Bezugnahme auf die Frage der Geselligkeit im Tierreiche* (Zoologica, Carl Chun, Leipzig, H. 46, 1907).
- c) — — *Les bases biologiques de la psychologie comparée (Biopsychologie)* (en russe) (Saint-Petersbourg, Wolf, 1910 et 1913, 2 vol. 435 et 428 pp., nombreuses figures).
- WASHBURN (MARGARET FLOY). — *The animal mind* (New-York, 1908, 330 pp.)
- WASHBURN (MARGARET F.) and BENTLEY. — *The establishment of an association involving color-discrimination in the creekchub or horned dace, Demotilus atromaculatus* (Journ. of Comparative Neurology and Psychology, 1906, XVI, 113).
- WATSON (JOHN-B.). — *Psychology as the behaviorist views it.* (Psych. Rev., XX, 1913, 158-177).
- ZELIONY (J.-P.). — *Observation sur des chiens auxquels on a enlevé les hémisphères cérébraux* (C. R. Soc. Biol., LXXIV, 707-708, 1913).
- ZOLOTNITZKY (N.). — *Les poissons distinguent-ils les couleurs?* (Arch. Zool. Exper., XI (3), 1901, Notes et Revue, I-V ; et Physiol. Russe, II, 277-280).

SECONDE THÈSE

PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ

BOTANIQUE. — Le géotropisme chez les végétaux
GÉOLOGIE. — Le relief volcanique, ses relations avec le mode
éruptif et la nature des produits épanchés.
Avec exemples empruntés à l'Auvergne.

Vu et approuvé :

Paris, le 18 mai 1915.

LE DOYEN DE LA FACULTÉ DES SCIENCES

PAUL APPELL.

Vu et permis d'imprimer :

Paris, le 18 mai 1915.

LE VICE-RECTEUR DE L'ACADÉMIE DE PARIS.

L. LIARD.

MAYENNE, IMPRIMERIE CHARLES COLIN

24